SULLA MISURA DELLA SENSAZIONE E DEL MOVIMENTO LETTURA DEL PROF. MAURIZIO SCHIFF...

Moritz Schiff

SULLA MISURA

DELLA

SENSAZIONE E DEL MOVIMENTO

LETTURA

DEL PROF. MAURIZIO SCHIFF

FATTA A FIRENZE

NEL R. MUSEO DI STORIA NATURALE

IL 18 APRILE 1869

FIRENZE
ANDREA BETTINI LIBRAIO-EDITORE
—
1869

ALLA

MEMORIA

DI

CARLO MATTEUCCI

Signore e Signori

Il nostro Pregiatissimo Collega, il Prof. Cocchi, vi ha fatto qualche tempo fa una bellissima lezione sulla *Misurazione del tempo in Geologia*. Io, benchè non abbia la speranza di potere raggiungere la chiarezza dell' esposizione dell' Illustre mio Collega, mi propongo oggi di seguire il suo esempio dandovi alcuni cenni sulla misurazione del tempo in Fisiologia. Ma in Geologia si tratta di periodi lunghissimi, e un piccolo errore di sei a otto mila anni non importa nella lunga storia della evoluzione del nostro globo. La Fisiologia è meno fortunata in questo riguardo. Abbiamo a misurare tempi brevissimi, e un errore di una frazione di secondo diviene già importante, qualche volta tanto importante, da mettere in questione tutto il risultato della ricerca. Fra gli oggetti che misura la Fisiologia, si trova per esempio il polso arterioso; ma non si tratta soltanto di misurare la lunghezza totale di un polso, non basta

conoscere il tempo di gonfiamento e di degonfiamento dell' arteria durante un singolo polso, spesso si tratta di misurare e di distinguere il primo ed il secondo ventesimo di questo atto quasi momentaneo, e pure i suoi periodi seguenti piccolissimi, per sapere se nel primo o nel terzo o nel quarto ventesimo del gonfiamento (o in un altro periodo non più esteso della sua durata) il movimento vada crescendo o decrescendo, quale sia il periodo del gonfiamento dell' arteria nel quale è mossa più rapidamente, si tratta in una parola, di dividere la durata del polso arterioso in 40 e qualche volta anche in 100 parti e di conoscere lo stato dell' arteria in ciascuno di questi piccoli periodi. Vedremo che questo non è il compito il più difficile il quale si propone la cronometria fisiologica, ma prima di tutto importa sapere, come si fa per conoscere queste piccole frazioni di tempo.

Nella vita comune, quando si tratta di acquistare l' idea di uno spazio un poco esteso, si trasforma questo spazio in tempo. Così si dice, che da un certo punto ad un altro siano tante e tante leghe, cioè, ci vuol tanto e tanto tempo per andare da uno di questi punti all' altro. Questa trasformazione in tempo non è altro, come si vede, che una trasformazione nell' idea di un movimento del nostro proprio corpo, tante e tante volte ripetuto. Difatti è pel movimento del corpo e per la conoscenza che abbiamo di questo movimento e della sua durata, che nasce nel bambino l' idea dello spazio e della distanza. Un uomo nato senza sensazione nella pelle e nei tegumenti dei muscoli, ed il quale nel medesimo tempo non potesse

vedere i suoi movimenti, non avrebbe mai l' idea dello spazio, perchè gli mancherebbe la sensazione interna, la quale ne dà la *misura primitiva*. Ma l' uomo normale poco a poco impara nel suo sviluppo a confrontare l' ombra, l' illuminazione e la grandezza relativa degli oggetti che vede, col tempo necessario per toccare questi oggetti, o per avvicinarsene, e così impara a giudicare dello spazio anche mediante il senso dell' occhio. Un uomo nato cieco ha l' idea dello spazio soltanto per i suoi movimenti, trasformando l' idea del movimento ripetuto in tempo e il tempo in spazio. Questo ci vien provato per le osservazioni fatte in uomini che soffrivano di una doppia cataratta dai primi giorni della vita, a che più tardi sono stati operati. Nell' interessante rapporto il quale già Cheseldan, un oculista inglese, ci fece di un tal caso osservato in un uomo molto intelligente, leggiamo che l' ammalato dopo l' operazione era molto maravigliato di non vedere lo spazio e la distanza, i quali conosceva già, istruito per mezzo della sensazione cutanea. Non poteva riconoscere coll' occhio ne il rilievo, ne lo spazio, ma tutti gli oggetti gli parevano come dipinti sopra una tavola piana e verticale. Non vedeva *oggetti*, ma *colori* più o meno chiari od ombrati, e poco a poco doveva imparare a tradurre l' impressione visuale nella lingua del tatto, la sola, la quale finora aveva imparato. E poco a poco gli divenne manifesto, che una certa convergenza degli occhi, che un certo modo di vedere i colori, che una certa modificazione nella distribuzione dallo scuro, che un certo decremento nella grandezza

degli oggetti, era l'espressione della distanza e per conseguenza dello spazio.

Se nella vita comune si trasforma lo spazio in tempo, cioè in un movimento ripetuto, la scienza fisiologica fa il contrario per piccole frazioni di tempo, che noi cerchiamo a distinguere, trasformandole in spazio.

Ma come si fa questa trasformazione di tempo in spazio? I mezzi sono molto semplici, il metodo è facile, l'esecuzione soltanto presanta qualche volta delle difficolta. Ammettiamo che vogliamo misurare il tempo nel quale si fa un movimento rapido di elevazione e di abbassamento della mia mano in una direzione verticale. La durata totale di questo movimento, benchè io lo faccia tanto rapidamente quanto io posso, si potrebbe ancora determinare con un buono orologio a secondi, a condiziona che questo movimanto sia più volte ripetuto, cosicchè si possa determinare, quanta volta ha luogo in due, in tre o in cinque secondi. Ma se questo movimento non si fa che una o due volte, o quando si trattasse di determinare la differente velocita della mano, nei differenti periodi di un solo movimento, l'occhio e l'orologio non basterebbero più. Per conoscere esattamente l'elevazione della mano, bisognerebbe tingere il dito per esempio con una goccia d'inchiostro, ed avvicinare alla mano vibrante un foglio di carta teso, tenuto in una direzione verticale. La mano vibrante farebbe sopra la carta una striscia nera e verticale, la quale, come vedete, indica con esattezza l'altezza del movimento

Ma se invece di tenere la carte immobile, io la fissassi sopra una lastra di vetro o di legno, la quale si muove in una direzione normale a quella del movimento del mio dito, l'elevazione della mano non produrrebbe più una linea verticale, ma una linea più o meno curva, tanto più lunga, quanto più rapido è il movimento della lastra, mentre che l'altezza della curva sarebbe sempre la medesima. Se ci riesce a rendere il movimento della lastra approssimativamente o intieramente uniforme, se sappiamo poi quale è la sua velocità, (quanto tempo dunque si adopra, perchè tutta la lunghezza della lastra passi davanti la punta del dito), la curva, che si forma per la vibrazione della mia mano, potrà dirmi esattamente quanto tempo ci vuole per tutta la vibrazione, e per le sue diverse parti. Possiamo vedere, se la mano ascende più rapidamente che discenda, possiamo vedere, se ascende con una velocità uniforme o se nell'elevazione siano diversi periodi, nei quali cresce o scema la velocità, e quale sia la durata relativa di questi periodi. Si capisca facilmente in qual modo il disegno fatto per la macchia d'inchiostro ci possa avvertire di tutto questo. Ammettiamo che tutta la lastra passi davanti il dito in un minuto secondo, e che il suo movimento sia uniforme. Se la curva ha una base della lunghezza di due terzi della lastra, tutto il movimento deve durare due terzi di secondo. Se dal punto il più alto della curva si trae una linea parallela al bordo della lastra fino alla base della curva, la quale raggiunge in un punto, che vogliamo chiamare P, la relazione fra la distanza

dal principio della curva fino a P, e tutta la lunghezza della lastra, ci esprime in frazioni di un secondo il tempo nel quale la mano è in un movimento ascensionale; deducendo questo tempo dalla durata già conosciuta di tutto il movimento, si ottiene la lunghezza del periodo di discesa. Volendo sapere se la rapidità del movimento sia *uniforme*, abbiamo a dividere tutta la base della curva in una quantità arbitraria, per esempio in 60 parti; una divisione che, come vedete, si fa facilissimamente, perchè la distanza è abbastanza grande. Traendo dalla fine di ogni sessantesimo della base una linea verticale fino alla curva si hanno le così dette *coordinate* della curva, e si può giudicare, quale era l'elevazione della mano in ogni sessantesimo del tempo della sua vibrazione.

Confrontando poi l'altezza dell'elevazione fra una ordinata e l'altra, o le differenze nella lunghezza di due ordinate, si capisce che, se l'elevazione è uniforme, la differenza della lunghezza di due ordinate susseguenti è sempre la medesima; la seconda differisce tanto dalla prima, quanto la terza dalla seconda e così di seguito. Ma se in un sessantesimo di questo movimento la mano si alza con una velocità un poco crescente, le due ordinate che rinchiudono questo sessantesimo devono mostrare fra loro una differenza di lunghezza più grande che le ordinate precedenti, confrontate fra loro nel medesimo modo. Si riconosce in un modo analogo, se scemava la velocità del movimento. Allora la lunghezza della differenza fra le ordinate deve decrescere. Se il mo-

vimento non era continuo, ma interrotto da un piccolissimo intervallo di riposo, tanto piccolo che deve necessariamente fuggire all' osservazione coll' occhio, la curva deve mostrare in questo punto un piccolo tratto, nel quale l' elevazione è zero, nel quale cioè la linea descritta dal dito corre parallelamente alla base, o, come si dice, all' *ascissa*. Se il movimento era oscillatorio, se era interrotto per brevi momenti di discesa, o per un piccolo tremollo, vi saranno nella curva dei punti, nei quali l' elevazione è negativa, nei quali cioè la curva mostra un principio di avvicinamento verso l' ascissa.

Si capisce che nelle ricerche scientifiche la curva non si fa mai per un mezzo tanto grossolano quanto è il dito macchiato d' inchiostro, il quale dà una linea talmente grossa, che non si possono riconoscere piccole modificazioni nel suo decorso. Ma quando invece del dito prendiamo una punta finissima, per esempio una seta o uno spillo sottile, e le facciamo passare sopra della carta o del vetro coperto di nerofumo, la punta levando il nero-fumo vi segna una linea finissima, nella quale si possono distinguere piccolissime tremolazioni; un acceleramento o un ritardo del movimento (anche se comprende un intervallo, che corrisponde soltanto alla quarta od alla quinta parte dell' interstizio fra due ordinate) si mostrerà nel modo il più distinto. Cosicchè possiamo distinguere un acceleramento o un ritardo se corrispondesse soltanto ad un trecentesimo del tempo di una tale oscillazione delle mie mano. E non soltanto potrebbe essere riconosciuto, ma anche benissimo de-

terminato in riguardo al suo principio, alla sua direzione e alla sua fine.

Si vede, che in questo modo possiamo misurare e determinare una grande quantità di movimenti, che interessano il fisiologo, a condizione che possiamo ricondurre questi movimenti ad un piano determinato, che per esempio possiamo dare loro una direzione verticale o orizzontale: se la direzione è orizzontale, possiamo fare il disegno sopra una lastra o un disco, che si muova in un piano orizzontale, e in una direzione normale colla direzione del movimento da esaminare. Quanto all' uniformità dalla rotazione, questa non si ottiene difficilmente, quando si tratta di misurare dei movimenti, che non offrono una grandissima velocità, che non cambiano molto rapidamente; in questi casi basta che la regolarità sia approssimativa. È vero che la regolarità la quale ci offre il movimento di uo orologio comune, o di un orologio a secondi, non basterebbe ancora per queste misurazioni, ma se l'orologio è regolato per un pendolo esattamente elaborato, e per la ale che si adoprano comunemente per questo scopo, potrebbe bastare per molte misurazioni fisiologiche, le quali non richiedono una grandissima esattezza. Se si tratta per esempio di misurare il polso arterioso, o il battito del cuore, e di distinguerne i differenti periodi essenziali e la loro forma, basterebbe una macchina come ve la presento qui, munita di differenti rote, con asse prolungato; questa rote hanno un movimento differente, cioè fanno nel medesimo tempo un numero differente di giri;

durante il tempo nel quale il primo asse gira una volta intorno a se stesso, il quinto fa dieci mila giri; si capisce, che sopra una tale macchina, non si potrebbe adattare una lastra piana, per farla muovere orizzontalmente, ma il nostro scopo si raggiunge pure, se sopra l'asse si mette un cilindro verticale, il quale gira intorno a se stesso.

Se conosciamo esattamente il tempo nel quale un tal cilindro gira una volta intorno al suo asse, possiamo esattamente calcolare il tempo che corrisponde a qualunque frazione di una curva, la quale viene disegnata sopra il cilindro. Metterò ora sopra l'ultimo asse di questo orologio un piccolo cilindro rosso, che porta una macchia nera abbastanza stretta, mentre che sopra il secondo asse vien fissato un altro cilindro più grande, coperto da carta annerita per uno strato sottilissimo di nero fumo. Ora si mette il tutto in movimento, ed il piccolo cilindro gira così rapidamente, che non potete più vedere che si muove. La sola cosa che ci indica il suo rapido movimento è, che non si vede più la macchia nera, ma invece di essa una zona nerastra, la quale pare occupare tutta la larghezza del cilindro. Voi sapete tutti donde proviene questa apparenza. La traccia della macchia nera persiste ancora nel vostro occhio, quando la macchia stessa si trova già in una parte della periferia, la quale non poteta più vedere, persiste ancora, quando la macchia ha già fatto un giro intero, e si presenta di nuovo per rinnovare l'impressione. Così questa impressione rinnovata sempre prima della sua scomparsa, diviene permanente

tento che gira il cilindro. Il grande cilindro si muove con una velocità relativamente piccola, e precisamente mille volte minore di quella del cilindro rosso; per conoscere esattamente la durata di un giro, possiamo misurarla coll'orologio a secondi la velocità del *primo* asse, la quale si determina colla più grande facilità, e prendere la decima parte del tempo trovato. Voglio ora mostrarvi come il movimento di questo cilindro può essere adoprato per darci una idea della forma e dei periodi del polso e della forza relativa dell'urto del cuore, sensibile alla parete esterna del petto. Per questo non ho che a trasformar quell'urto in un movimento verticale di una punta, e fare toccare da questa punta leggerissimamente il cilindro girante. Questo si fa con un apparecchio proposto da *Marey*, che vedete qui. Una ampolla elastica, coperta da vetro che non lascia libero che una piccola estensione dell'ampolla, comunica con un lungo tubo resistente, per esempio di gutta percha. Questo tubo va fino nella vicinanza dell'orologio dove termina in un'altra ampolla elastica, la quale pure è coperta in modo, che cede alla pressione in un solo punto. Questo punto porta un pezzo d'avorio il quale tocca una leva mobile, la quale termina con una seta in grande distanza del suo punto di sospensione. In questo modo ogni movimento impresso alla leva, pel gonfiamento della seconda ampolla, deve essere amplificato nel disegno, che la seta della leva fa sul cilindro. Mettiamo ora la parte libera della prima ampolla, sopra il torace di un uomo, nel punto corrispondente all'urto del cuore; questo urto deve fare

passare un poco d' aria pel tubo nella seconda ampolla tutte le volte quando si fa una contrazione del cuore. A misura che si gonfia la seconda ampolla, la leva si alza, e la sue punte potrà fare il disegno della curva. In questo momento si mette la prima ampolle sopra la parete toracica di un uomo, distante dalle nostra tavola più di un metro e mezzo, e si vede già la leva animata da un movimento regolare e periodico il quale corrisponda esattamente al polso del cuore. È stata presa una precauzione particolare perchè l' inerzia della leva, cioè la sua tendenza conservatrice, non possa dafigurare la forma del movimento. Avvicinando ora la leva al cilindro, si vede che produce della linea bianca di una forma caratteristica, le quali si elevano in una distanza sempre egnale; esse non sono uniformi, ma posseggono delle inflessioni e delle variazioni, le quali regolarmente si ripetono in ogni polso. Queste inflessioni ci mostrano, che l' urto del cuore il quale ci appare tanto momentaneo che sembra quasi impossibile distinguare i suoi diversi periodi, non è uniforme, ma mostra nel suo decorso eumenti e decrementi regolari, e più volte ripetuti, della sua forza, che mostra periodi distinti, che sono divisi fra di loro per intervalli di minore impulso, periodi i quali dipendono dalla successione nella quale si contraggono le differenti parti di cui è composto il cuore. Si capisce che, volendo, potremo misurare la durata relativa di ciascuno di questi periodi, ma che anche senza misurazione esatta, un colpo d' occhio sopra questo disegno basterebbe, per farci conoscere una piccola irregolarità nella

successione delle contrazioni del cuore, o nella durata delle contrazioni stesse. Abbiamo qui un autografo del cuore, il quale ci rivela una parte dei suoi segreti. Bisogne soltanto saper bene leggere questi caratteri, per decifrarne le cause di qualche irregolarità se ce ne fossero.

I movimenti del cuore sono relativamente lenti, e sono molti altri cambiamenti che si fanno con una rapidità infinitamente più grande, che si deve misurare in Fisiologia. Ve ne darò un esempio:

Ecco due gambe di una rana riunite insieme per una parte del midollo spinale e per i due nervi motori. Mediante due aghi, fisso due fili nel midollo, laddove si riuniscono i due nervi motori. Questi due fili si mettono in comunicazione con un apparecchio d'induzione, che potrà irritare l'origine dei due nervi, nel momento nel quale chiudo il circuito di una pila, la quale ci fornisce la corrente primaria dell' induzione. La pila manda *un* filo all' apparecchio d' induzione, l' *altro* polo, interrotto da una specie di manipolatore telegrafico, si riunisce pure coll'induttore. Nel momento in cui deprimo il manipolatore il circuito della pila si chiude, l'induzione si fa istantaneamente, ed i fili che vanno alle ranocchie irritano i due nervi alla loro origine. Vediamo cosa succede. In questo momento sentite l'urto prodotto per la chiusura del manipolatore, e quasi simultaneamente, senza che per voi sia apprezzabile un intervallo di tempo, vedete che le due gambe fanno un movimento rapidissimo e ritornano alla loro posizione di riposo. Tutto questo si fa con una rapidità tale,

che appena aveta il tempo per distinguere la forma del movimento. L' urto del manipolatore ed il movimento delle gambe vi paiono simultanei; nondimeno deve esistere fra l' uno e l' altro un certa differenza di tempo, perchè l'urto, il quale produce le chiusure, deve precedere l'effetto delle chiusure. Ora cosa succede tra l' urto e il movimento visibile? Coll' urto si chiude il circuito galvanico primario, questo produce un effetto d'induzione nel filo, di cui le due estremità vanno fino alle rana; se facciamo astrazione di tutti i fenomeni dell' induzione, i quali non sono tanto semplici e simultanei quanto forse lo credete, abbiamo ancora la conduzione della corrente indotta lungo il filo di rame fino alla parte inferiore del midollo delle rane. In questa parte cessa l' azione elettrica immediata: essa viene trasformata in un irritante per i nervi, trasformazione la quale pure prende un certo tempo. L' irritazione deve essere trasmessa lungo il filo nervoso fino al muscolo, fino alla terminazione periferica dei nervi nell' interno dei muscoli, ove l' eccitazione nervosa si trasforma in eccitazione muscolare, la quale produce prima una variazione elettrica e elastica nel muscolo, e poi la sua contrazione. Ma questa contrazione, non la vedete immediatamente: ella deve crescere fino ad un certo grado, vincere le resistenze che le si oppongono, finchè possiate vederne l'effetto meccanico il quale consiste in un movimento totale della gamba, in una estensione delle sue articolazioni. E non soltanto tutti questi stati intermedi, per quanto numerosi che siano, passano in un brevissimo istante,

anche la contrazione stessa è talmente fuggitiva, che pare che nel momento nel quale cessa la chiusura istantanea del circuito, le contrazione si è già di nuovo rilasciata.

Potremo noi misurare la durata di un tal movimento muscolare? Potremo noi registrare in quale modo cresce e decresce la contrazione? Sarebbe possibile forse di analizzare questo movimento, come si analizza le contrazione molto più lente del cuore? Vedremo che questo è possibile con mezzi analoghi a quelli, che ci servivano per lo studio del polso cardiaco. Ma potremo andare più inoltre? Potremo domandare se non esiste la possibilità, di misurare pure la velocità colla quale si trasmette l'irritante lungo il nervo. La trasmissione nel nervo deve farsi con una rapidità molto superiore a quella, colle quale si muove il muscolo, perchè possiamo *vedere* il movimento muscolare, possiamo vedere che ha quasi la durata della chiusura istantanea della pila che lo produce. Vediamo che la contrazione comincia quasi nel momento della chiusura della pila, cosicchè tra questa chiusura e la contrazione per noi non pare esservi un intervallo percettibile. L'intervallo deve dunque essere molto più breve che la contrazione stessa, e siccome quest'intervallo comprende, come abbiamo veduto, una quantità di processi, fuori della trasmissione nel nervo, questa trasmissione, la quale non occupa che una parte dell'intervallo medesimo, deve essere di brevissima durata. Nondimeno vedremo che è stato possibile misurarne la velocità e determinare una parte delle sue variazioni.

Per misurare movimenti di una tale rapidità, che cambiano con tanta velocità quanto la fa il movimento di un muscolo volontario o la trasmissione nel nervo, dobbiamo servirci pure del metodo grafico, come del più esatto di tutti.

L' applicazione dell' *autografia* del movimento, per questi processi rapidi e continui, domanda una grandissime precisione, quanto all' uniformità del movimento giratorio del cilindro, sopra il quale vogliamo produrre le traccie, che serve di base al nostro calcolo ed alle nostre conclusioni. Se un movimento comprende periodi più lunghi, delle piccole ineguaglianze nel meccanismo degli strumenti possono più facilmente compensarsi, purchè le variazioni positive o negative non abbiano una certa prevalenza. Se durante un tempo più lungo un meccanismo ci mostra una serie di ritardi e di acceleramenti, che si seguono *regolarmente* e in un modo alternante, il risultato totale potrà esser giusto, perchè gli errori introdotti in gran numero, ed in senso inverso, si tengano in un certo equilibrio. Ma è altro, se si tratta di confrontare fra di loro piccolissime frazioni di tempo, nelle quali un tale compenso diviene impossibile. Dobbiamo dunque cercare di procurarci un meccanismo, il quale si muove colla più grande regolarità, colla più grande *uniformità*. Gli strumenti ordinari, colla regolazione che bastava per darci una idea dei movimenti del cuore, divengono insufficienti. Per lungo tempo si cercò in meccanica di costruire un meccanismo con movimento uniforme, e molti tentativi ingegnosi rimasero senza

frutto o non poterono raggiungere che incompletamente lo scopo proposto.

Negli ultimi tempi due uomini distinti hanno trovato il modo di soddisfare, in questo riguardo, più di tutti gli altri, ai bisogni della fisiologia, dell' astronomia e della fisica. Il primo è il celebre Foucault; esso ha potuto costruire un regolatore con ale, nel quale l' uniformità del movimento è guarentita per un sistema ingegnosissimo di leve, le quali compensando fra di loro il proprio effetto, regolano un volano discoidale, in modo che ogni tendenza ad una irregolarità del movimento è prevenuta. Voi vedete qui un orologio munito di questo regolatore di Foucault, eseguito con rara perfezione dal Sig. Poggiali, sotto la cura del nostro Egregio Professore Donati. Questo regolatore, se è bene equilibrato, produce un movimento regolarissimo, tanto che la posizione delle leve è tale, che possono ancora reagire sopra il volano. Questo strumento serve per lo studio di tutti i movimenti, che non accedono una certa rapidità. Ma siccome l' asse, il quale gode del movimento il più rapido, non fa che 3,2 giri nel secondo, e siccome quest' esse non sopporta di-schi di un peso elevato, la rapidità che si ottiene è sempre moderata. Gli assi che si muovono con minor velocità possono portare un peso più grande e servono così molto meglio dell' apparecchio prima dimostrato, per lo studio dei fenomeni della respirazione e della circolazione, tanto più quanto il secondo esse è capace di produrre anche un movimento orizzontale, facendo in questo modo girare un cilindro

di legno, il quale come vedete qui, è molto basso, ma possiede un diametro di 40 centimetri, e si muove una volta in 13 secondi. Cosicchè un millimetro corrisponde quasi alla novantesima parte di un secondo. Si riconosce facilmente in questo apparecchio se la posizione della leva principale è tale da mantenere la regolarità del movimento. L'ultimo asse serve molto bene per studiare le differenti fasi di una rapida contrazione muscolare, quale è quella dei muscoli delle gambe delle ranocchie, che aveta veduto, prodotta sotto l'influenza dell'irritante elettrico. Se il disco fissato sopra quest'ultimo asse non è di un diametro troppo piccolo, possiamo misurare movimenti ancora più rapidi. Se vogliamo per esempio sapere quale sia il ritmo dei movimenti dell'ala di una mosca, il quale produce un suono non troppo alto, possiamo fissare due gambe della mosca con un poco di cera, sopra il bordo di una sottile lastra di legno. La mosca, cercando di fuggire, muove le ale con grandissima velocità, a quando si produce il suono conosciuto, possiamo, secondo l'esempio di Marey, avvicinare la punta dell'ala al disco girante. Ogni movimento dell'ala produrrà, tanto che tocca il disco, una piccola striscia, basta un quinto o un sesto di secondo di questo contatto per produrre una seria di striscie; seria di cui la lunghezza totale corrisponde ad una certa frazione di tutta la circonferenza del disco. Sapendo che tutta questa circonferenza corrisponde ad un secondo, diviso da 3,2, conosciamo pure il tempo al quale corrisponde tutta la seria di strisce. Numerando poi le strisce conte-

nute nella serie possiamo calcolare quante vibrazioni produca il movimento dell'ala nel secondo. In questo modo si trova che la mosca comune, come l'ha già indicato Marey, può muover l'ala più di 330 volte nel secondo; ma abbiamo trovato che certi altri insetti ditteri mostrano un movimento ancora più rapido (*). Abbiamo determinato in questo modo il movimento della antenna di alcuni imenotteri, e così abbiamo potuto confermare con nuovi mezzi un fatto che abbiamo già pubblicato 10 anni fa in un trattato della fisiologia del sistema muscolare e nervoso, e che è stato messo in dubbio da alcuni autori, che cioè il movimento muscolare il più energico appartiene non agli uccelli, ma a certi insetti ed aracnidi.

Non è necessario trattenermi in quest'argomento: Voi tutti capirete che non è difficile fare tracciare ad un muscolo la curva del suo movimento, fissando a questo muscolo un piccolo sistema di leva, che conserva al movimento una direzione verticale od orizzontale, ed il quale porta una punta finissima, e scrive la forma e l'ampiezza del movimento sopra un disco o un cilindro. In questo modo possiamo giudicare dell'effetto della stanchezza sopra la forma della contrazione muscolare, possiamo fare alzare dal muscolo differenti pesi, e giudicare in quanto l'aumento del lavoro meccanico altera la forma della curva. Possiamo vedere in quanto la curva è modificata per l'assenza della circolazione nel muscolo e

(*) Che bello argomento per un moderno Aristofane.
Nota del compositore

possiamo trattare una quantità di altre questioni di somma importanza per la fisiologia.

Ma come faremo per misurare la velocità della trasmissione nel nervo?

Nell'ultima edizione della sua fisiologia *Giovanni Müller*, il più distinto dei fisiologi del suo tempo, dichiarava ancora, che la trasmissione nel nervo si faccia colla rapidità del fulmine, e che la scienza non mai arriverebbe a misurarla. Si credeva allora, che l'agente nervoso sia qualche cosa di analogo ai così detti *agenti imponderabili* della fisica, cioè all'elettricità o alla luce, e che anche la sua velocità sia da confrontare con la rapidissima trasmissione di questi agenti. Se ciò fosse vero, probabilmente non si potrebbe mai pensare a misurare la trasmissione dell'influenza nervosa, essendo i nostri esperimenti limitati per la lunghezza limitata dei nervi di cui possiamo disporre. Ma già pochi anni dopo Müller, Du Bois-Reymond, Professore a Berlino, propose un metodo per la misurazione della velocità della trasmissione nel nervo. Questo metodo non poteva essere messo in esecuzione dal suo autore, ma Helmholtz tentava di metterlo in pratica. Il metodo prescelto da Helmholtz consiste essenzialmente nella misurazione del tempo necessario, perchè l'eccitazione di un lungo nervo in un punto vicino alle sue radici, possa produrre una contrazione muscolare: questo tempo si misura facilmente, facendo tracciare sopra un cilindro che si muove con grandissima velocità, prima il momento dell'irritazione del nervo, e poi il momento nel quale il muscolo entra in con-

trazione. È vero che soltanto una piccolissima frazione di questo tempo corrisponde alla trasmissione nel nervo, la più grande parte del tempo è adoprata per dare al muscolo quel grado di tensione, pel quale potrà produrre un effetto meccanico. Un' altra parte di questo periodo è perduta per il tempo necessario, perchè nel nervo l'irritazione momentanea si trasformi in eccitazione nervosa. Così la cifra trovata corrisponde ad un complesso di processi, e non si può distinguere quanto ne appartenga alla trasmissione nervosa. Si ripeta poi il medesimo sperimento colla sola modificazione che si prende il tratto del nervo fra il punto irritato e il muscolo *meno lungo che la prima volta*. In questo modo si hanno due sperimenti complessi, i quali differiscono l' uno dall' altro *soltanto per una sola condizione*; cioè per la lunghezza del nervo percorso dall' irritazione. Se il tempo occupato dalla totalità di questo processo differisca in un modo costante nel primo e nel secondo sperimento, se nel primo il tempo è sempre più lungo, questa differenza non potrà dipendere che dalla *sola* differenza che esista fra questi sperimenti, cioè, dalla differente lunghezza del nervo, ed il tempo del primo sperimento meno quello del secondo, deve rappresentare il tempo, nel quale l'eccitazione nervosa percorre un tratto del nervo corrispondente alla differenza della lunghezza dei nervi in questi due sperimenti. Conoscendo in frazioni di secondi il tempo necessario perchè l'eccitazione nervosa percorra la lunghezza di qualche centimetro, possiamo facilmente calcolare quale sia la lunghezza da essa percorsa in un secondo.

Ebbene Signori, le supposizioni che abbiamo fatte si sono completamente verificate. L'irritazione di un punto del nervo più distante dal muscolo produce sempre una contrazione almeno qualche millesimo di un secondo più tardi che l'irritazione di un punto del medesimo nervo, meno distante dal muscolo. Per evitare in questi sperimenti l'influenza delle stanchezze e delle alterazioni cadaveriche, s'incomincia sempre coll' irritazioni del tratto *lungo* del nervo e dopo aver fatto poi l'irritazione del tratto breve, si ritorna al tratto lungo e alternando così più volte di seguito si ottiene per ciascuna preparazione, (tanto che non è ancora troppo alterata), delle cifre *poco* differenti fra di loro, dalle quali è permesso dedurre per ogni preparazione una proporzione media, che indica quale è l'aumento di tempo necessario per la produzione di una contrazione muscolare, per ogni aumento di un centimetro della lunghezza del nervo percorso dall' irritazione. Si capisce che questo calcolo suppone che la velocità della trasmissione nel nervo sia uniforme in tutta la sua lunghezza, e non decresca a misura che si allontane dal punto immediatamente irritato. Ma ammesso che un tal decrescimento abbia realmente luogo, come Munck e Berlino infatti crede averlo trovato, l'espressione numerica della velocità della trasmissione deve divenire un'altra, ma si vede che il risultato principale di queste ricerche rimerrà sempre inalterato.

Par fare questi sperimenti, nei quali importa di avere un movimento rapidissimo e di una uniformità

guarentita, non serve più il regolatore di Foucault, almeno nella forma nella quale abbiamo potuto procurarcelo. Sono ancora meno adattati gli strumenti, che si fabbricano generalmente sotto il nome di Miografio, e che alcuni sperimentatori hanno voluto adoprare per delle misurazioni esattissime. In questi strumenti l'uniformità del movimento esiste soltanto per una frazione limitata di tempo, e per assicurarci che durante il tempo dello sperimento la velocità non abbia cambiato, dovremmo registrare nel medesimo tempo sopra il cilindro girante le vibrazioni di una corista. La corista fa sempre in una data frazione di tempo il medesimo numero di vibrazioni, cosicchè la traccia grafica dei suoi movimenti è la misura la più certa che abbiamo per determinare la relazione che esista fra differenti distanze sopra un cilindro girante, e i tempi che a loro corrispondono. Mentre che occorre un apparecchio complicato per far registrare le vibrazioni della corista sotto la traccia dei movimenti, che vogliamo misurare e confrontare, il Sig. Hipp di Neuchâtel ha avuto l'idea ingegnosissima di adoprare le vibrazioni stesse della corista come regolatore dei movimenti del cilindro o del disco, sopra il quale registriamo le nostre curve. Un orologio fatto con grandissima cura mette in movimento rapido un asse, o parecchi assi, che servono per fissare il disco o il cilindro. una ruota dentata, che rinchiude l'ultimo asse, si muove in prossima vicinanza di una molla, la quale non è altro che una specie di corista, che dà un certo suono determinato. I denti della ruota

non devono toccare la molla; essa deve essere messa in vibrazione per l'urto comunicato all'aria dal movimento dei denti; in questo modo la molla, producendo il suo proprio suono, reagisce uniformemente sopra i denti della ruota, limitando e regolarizzando i suoi movimenti. Vedete qui il cronografo di Hipp, messo in movimento per un peso abbastanza grande. Per assicurarmi che è ben regolato limiterò per un attrito il movimento, perchè divenga molto lento. Non si deve sentire nè il suono della corista, nè un suo urto contro un dente della ruota. Questo mi prova che la corista non è troppo avvicinata alla ruota. Ora voglio lasciare libero il movimento e dopo qualche giro del disco, messo sopra l'ultimo asse, voi sentite il suono della corista, e nel medesimo momento il movimento si rallenta un poco. La produzione di questo suono mi assicura, che la corista non è troppo distante dalla ruota, e tanto che desso rimane uniforme, il movimento nei limiti nei quali l'adoperiamo, e anche per delle misurazioni più minuziose, potrà esser riguardato come assolutamente uniforme. Il suono mi guarantisce non soltanto che il movimento ha raggiunto la sua uniformità, ciò che negli altri strumenti non si può mai determinare che approssimativamente, ma pure che in tutti gli esperimenti nei quali adopro la medesima corista, la velocità adoprata è *sempre la medesima*. Però posso variare questa velocità, adoprando un' altra corista, che dà un suono più alto. Il movimento, che vedete, è il più lento che il mio apparecchio possa produrre, mentre all' ultimo asse esso dà una

velocità di 10 giri nel secondo, e siccome posso fissare sopra questo un disco di 13,5 centimetri di diametro, si capisce che posso già raggiungere una velocità abbastanza grande, se faccio tracciare i movimenti vicino al bordo del disco. Generalmente per le ricerche che ci occupano ore non occorre una così grande velocità, e posso contentarmi di fissare sopra l'asse un piccolo cilindro di vetro, del diametro di 2,8 centimetri. Così posso fare le mie traccie in una direzione verticale e con un attrito minore. Il primo asse di questo cronoscopio mi dà secondo le molle vibranti, una velocità di 100 a 56 secondi; cosicchè posso servirmene per altre ricerche che richiedono una minore velocità ed una più grande superficie del cilindro. Si vede che questo apparecchio promette di rendere grandissimi servigi nell'arsenale fisiologico, e che è libero di quasi tutti gli inconvenienti, che fiuora resero incerte le misurazioni di piccolissime frazioni di tempo, se questi inconvenienti non furono eliminati per le grande precauzione degli sperimentatori, che finora si sono occupati di misurazioni cronoscopiche. Il Signore Hipp è riuscito di produrre secondo il medesimo principio, dei movimenti ancora molto più rapidi, di quelli che si adoprano in fisiologia, e ciò che è molto più difficile, anche dei movimenti molto più lenti, come quelli che si adoprano nei cronografi astronomici, e che, secondo il giudizio di Foucault stesso, sono i più regolari ed uniformi che finora l'arte meccanica ha potuto ottenere.

Non vi descriverò tutto l'apparecchio necessario per fare sì, che sopra il disco o il cilindro si registri

bene il momento dell'irritazione, la quale si fa generalmente con una scossa d'induzione di apertura, e il momento della contrazione del muscolo. Il resultato principale, già ottenuto da Helmholtz, e che si conferma negli sperimenti dei suoi successori, è che l'eccitazione nervosa motrice prodotta per una scossa che dà il massimo dell'irritazione, è per una ranocchia vigorosa e di cui le condizioni fisiologiche non sono essenzialmente alterate, di quasi 30 metri nel secondo. I nostri sperimenti fatti a Firenze, dove le ranocchie generalmente sono meno vigorose di quelle della Germania, danno nell'autunno e nel principio dell'inverno una velocità media di 26,5 metri nel secondo.

Nell'inverno e nell'estate la velocità è minore, e si limita in media a 22,5 metri nel secondo.

Si vede che questa velocità è relativamente piccola, e che non rassomiglia in nessun modo alla grande velocità degli agenti detti imponderabili. Non mai prima di conoscere questi sperimenti si avrebbe creduto che la velocità colla quale si propaga l'impulso del midollo spinale ai muscoli, e che Müller aveva confrontata colla velocità del fulmine, sia inferiore alla celerità dell'impulso, che possiamo qualche volta produrre colle nostre macchine artificiali. È vero, che nelle rane avvelenate per la stricnina, che servivano alle osservazioni di Müller, la velocità della trasmissione nervosa poteva essere un poco aumentata. Le nostre osservazioni mostrano che la stricnina e la veratrina aumentano un poco le rapidità della trasmissione nel primo stadio dell'avvele-

namente, ma questo aumento è poco considerevole, e non eccede un settimo della velocità delle trasmissione nel nervo sano.

Per fare queste osservazioni ci siamo serviti negli ultimi tempi di un apparecchio, il quale permette di tracciare nel medesimo tempo il movimento del muscolo delle due gambe delle medesime rane, mentre che soltanto *una* gamba era sottoposta all'influenza del veleno. I due nervi erano riuniti insieme alle loro origine midollare e sopra questa origine, agiva l'irritante elettrico, cosicchè le due gambe erano simultaneamente eccitate per le medesime irritazione.

Studiando nel medesimo modo l'influenza di altri veleni, abbiamo confermato ciò che avevamo già espresso in un lavoro pubblicato nel 1849, che cioè non esistono veleni che abbiano una azione esclusiva e *specifica* sul cuore, ma che i veleni, conosciuti ora sotto il nome di veleni cardiaci, che rallentano e paralizzano l'azione del cuore; essi prima che abbiano potuto paralizzare il cuore, rallentano le trasmissione dell'eccitazione in tutti i nervi periferici o almeno nei nervi delle gambe della rana. Cosicchè le loro azione sul cuore, lungi dell'essere specifica, altro non è che l'espressione dell'affievolimento dei nervi periferici. Vi sono nervi periferici, l'eccitazione dei quali mantiene il movimento regolare del centro della circolazione; e tutte ciò, che affievolisce notevolmente i nervi periferici, deve affievolire pure i movimenti di questo centro, senza che dobbiamo fare intervenire nella spiegazione di questo fenomeno

una azione speciale, una attività specifica dei gangli microscopici trovati nella sostanza del cuore. È vero che alcuni veleni paralizzano il corpo senza reagire sul cuore; ma questi veleni non rallentano neppure la trasmissione nei nervi dell' estremità, ed agiscono esclusivamente sopra gli organi *centrali* del sistema nervoso. In questo modo si conferma anche qui, come in tutte le altre ricerche serie fatte sopra questo argomento, che il movimento del cuore è il prodotto di una debole irritazione di nervi *periferici* molto eccitabili, e che è inutile fare intervenire nelle spiegazione di questi movimenti dei centri ipotetici, di cui la sana fisiologia non ha ancora potuto provare l' esistenza.

È una questione interessantissima quale sia la velocità della trasmissione della influenza nervosa negli animali a sangue caldo e nell' uomo. Si dovrebbe supporre che in essi la trasmissione sia più rapida che nella rana; nondimeno le nostre ricerche, che sono ancora molto incomplete, ci hanno dato pel gatto una velocità inferiore a quella della rana. Questo si può attribuire all' influenza della preparazione del nervo. Abbiamo esaminato dei gatti resi quasi immobili e in apparenza insensibili per l' introduzione nel sangue di una quantità eccessiva di liquido alcoolico. Lo stato generale di questi animali dimostrava già, che la vita nervosa era in uno stato di grandissima depressione, cosicchè non potevamo trovare delle cifre normali. E difatti la trasmissione nel nervo era depressa fino ad una velocità di 8 metri nel secondo. Il calore di questi animali aveva molto di-

minuto, e già Helmholtz ha provato che il freddo rallenta anche nella rana la trasmissione nel nervo. Valentin, il quale ha esaminato la trasmissione dell'influenza nervosa in marmotte, che si trovavano in profondissima letargia invernale, ha trovato una velocità ancora inferiore a quella che offrivano i miei gatti ubriaci.

Ultimamente infine è riuscito a Helmholtz e Baxt di misurare approssimativamente la velocità della trasmissione nei nervi dell' uomo vivente. Tutto l'avambraccio era fissato in una fasciatura di gesso per impedire i movimenti che potevano perturbare l'esattezza dello sperimento, non erano liberi che tre punti, di cui uno corrispondente ai muscoli del pollice, che dovevano muoversi e reagire sopra una leva, la quale registrava sul miografo il principio del movimento. Un altro punto libero corrispondeva al nervo nella vicinanza della mano, il terzo al medesimo nervo nella vicinanza del gomito. Potendo così irritare il medesimo nervo con una scossa d'induzione in due punti differentemente distanti dal muscolo, potevano calcolare la velocità della trasmissione, confrontando colla differenza della lunghezza del nervo che l'irritazione doveva percorrere, la differenza del tempo fra l'irritazione ed il movimento. Questi sperimenti hanno condotto al risultato, che per le irritazioni adoperate, la velocità della trasmissione nel nervo umano, era di quasi 33 metri nel secondo, una cifra la quale non differisce considerevolmente da quella trovata nella rana.

Un altro fatto che risulta chiaramente da questi

ultimi sperimenti di Helmholtz e Baxt, ed al quale pure era giunto Valentin, indipendentemente da loro, nelle sue ricerche sopra i nervi della rana è che l'energie dell'irritazione non rimane senza influenza sopra la velocità della trasmissione. Dentro certi limiti, che non sono ancora fissati, una forte irritazione si trasmette più rapidamente che una irritazione debole.

Già prima di questi ultimi sperimenti si era tentato di misurare la trasmissione delle impressioni sensibili nei nervi dell'uomo vivente. Ma il metodo non era tale da promettere un risultato certo. Helmholtz in sperimenti anteriori irritava la pelle in due punti: l'uno poco distante dal cervello, l'altro alla pianta del piede, dunque ad una distanza molto grande dal cervello. Un movimento della mano doveva dare il segno registrato sul cronografo che la sensazione abbia avuto luogo. Questi sperimenti davano una cifra per la trasmissione della sensibilità la quale eccede di molto, quasi del doppio, la cifra trovata nei nervi motori della rana. Già allora non era probabile che questa cifra esprima realmente la velocità della trasmissione nel *nervo* dell'uomo vivente, perchè nella misurazione della lunghezza e soprattutto della distanza la più grande non entrava tanto una differenza della lunghezza del nervo, quanto la lunghezza della parte del midollo spinale la quale doveva essere percorsa dall'irritazione, progrediente verso il cervello. Sappiamo di più quanto è difficile rendere fisiologicamente equivalenti due irritazioni sensibili che agiscono sopra differenti punti del corpo,

e l'energie dell'irritazione, come abbiamo veduto, influisce sopra la sua trasmissione. Difatti altri sperimentatori ripetendo questi sperimenti hanno trovato delle cifre inferiori per le velocità della trasmissione sensibile; cifre le quali pure paiono essere troppo grandi, considerando che tutti gli altri fatti conosciuti indicano una perfetta identità fra i nervi motori e sensibili e che la velocità trovata con un metodo molto più esatto per i nervi motori probabilmente non differisce considerevolmente per i nervi sensibili.

Non vi avrei parlato di questi ultimi sperimenti se non fossero i primi i quali rincontriamo in questa serie di ricerche, nei quali il seguo è stato dato colla mano. Sarete probabilmente disposti ad ammettere che l'intervento di un movimento volontario dovrebbe rallentare il processo e diminuire la velocità indicata a vedete appunto che qui la velocità è stata trovata probabilmente troppo grande. Vi prego di rammentarvi di questa circostanza nell'interesse delle importantissime ricerche che ora sto per comunicarvi.

Se è riuscito alla fisiologia di misurare la velocità dell'agente nervoso, se la fisica misura con metodi esatti non soltanto la velocità della trasmissione del suono, ma pure quella della luce, se si ha potuto in determinate condizioni misurare la rapidità maravigliosa colla quale si propaga l'elettricità nei fili conduttori, non sarebbe possibile misurare la rapidità del pensiero o di un atto psichico od almeno di determinare se un pensiero (astrazione fatta del tempo necessario per la trasmissione degli elementi del giu-

dizio fino al centro della vita psichica) richiede un certo tempo?

Voi tutti vi sarete già accorti che non possiamo esprimere una sensazione nel momento stesso nel quale ci arriva. Passa un certo tempo fra la sensazione e la sua manifestazione. Ma non si conosce generalmente la lunghezza di questo tempo; non si sa quale parte prende nelle produzione di questo intervallo la lentezza delle nostre percezione; o la conduziona della nostra volontà fino ai muscoli che devono produrre il movimento; o l'inerzia che si oppone a questo movimento stesso. Gli astronomi, che devono segnalare con esattezza il momento nel quale passa un corpo celeste per il filo del canocchiale si sono già accorti, verso la fine del secolo passato, che il più grande esercizio non impedisce che si perda un certo tempo fra la percezione visuale del fenomeno e la sua determinazione par l'udito. Nel nostro secolo prima Bessel si è occupato di questo fenomeno. Egli ha potuto confermare che il tempo perduto non è lo stesso per differenti individui egualmente abituati ad osservazioni esatte astronomiche e che l'esercizio e l'abitudine non poteva ridurlo al di sotto di un minimo, il quale, costante per ciascun individuo, è stato introdotto nella terminologia scientifica sotto il nome dell' *Equazione personale*. Bessel si è accorto che il suo ajuto regolarmente segnalava il passaggio di una stella una piccola frazione di tempo più tardi che egli stesso, e Nicolai e Knorre, Direttori degli Osservatori di Mannheim e di Nicolajeff, hanno confermato quasi nel medesimo tempo questo fatto in modo così

evidente, che si poteva desumere dalle loro osservazioni, che fra le indicazioni di Bessel e di Knorre esisteva una differenza costante di non meno di un secondo, mentre che ciascuno di questi osservatori per se isolatamente, indicava le *relazioni* dei tempi in un modo molto esatto.

In questi primi sperimenti sopra l'equazione personale si trattava di confrontare una impressione visuale con una impressione uditiva, perchè il passaggio della stella visibile nel canocchiale doveva esser riferito al tempo indicato per i battiti di un orologio a secondi, tenuto nella vicinanza dell'orecchio. Questi sperimenti potevano essere spiegati diversamente. Si poteva ammettere che la velocità della trasmissione di una impressione ottica e uditiva differisce in tutti gli uomini, ed in ciascuno in un modo costante. Questa spiegazione era la più generalmente ammessa. Ma si poteva pure credere, che la trasmissione delle impressioni dei due sensi indicati si faccia egualmente bene, ma che siccome le nostre mente non è capace di occuparsi nel medesimo momento con uguale attenzione di due impressioni di natura differente, l'impressione visuale od uditiva sia, secondo l'individualità dell'osservatore, percepita prima dell'altra. Anche questo modo di vedere spiega una differenza costante nelle indicazioni degli osservatori.

Ma questi primi sperimenti davano luogo ad altri, nei quali si cercava di escludere la cooperazione e l'intervento di un altro organo sensoriale, e si voleva esaminare se la differenza personale assista pure,

quando la percezione visuale venga segnalata per un movimento di cui si possa registrare il tempo. Hirsch di Neuchatel fece un passo avanti, trovando in questo modo, che non soltanto una affezione del senso ottico, della quale si poteva esattamente registrare il tempo, fu sempre indicata con un ritardo variabile per vari individui, ma che gli altri organi dei sensi (all'eccezione del gusto e dell'odorato i quali non potevano essere esaminati) mostrano un simile ritardo. Questo ritardo dell'indicazione non è il medesimo per la sensibilità cutanea, l'udito e la vista: una irritazione, la quale agisce sopra la pelle, è costantemente indicata con un ritardo minore che una eccitazione del senso ottico; una eccitazione dell'udito mostra pure un ritardo nell'indicazione; ritardo meno lungo di quello del senso cutaneo, più lungo di quello del senso ottico. Hirsch in questi sperimenti, i quali, come si vede, generalizzano il fenomeno, si è servito del cronoscopio di Hipp, il quale indica con sicurezza dei millesimi di secondo.

L'ultimo lavoro sopra l'equazione personale dovuto a Wolf a Parigi offre per noi un interesse speciale, perchè il metodo da lui adoprato rassomiglia interamente a quello del quale ci serviamo nelle ricerche fisiologiche. Uno specchio metallico riflette un punto luminoso cosicchè un movimento di questo specchio fa traversare questo punto, che rappresenta una stella artificiale, il campo del cannocchiale. Prima si cerca per un movimento lento dello specchio la posizione nella quale la stella artificiale passa pel filo del cannocchiale, e si fa in modo che lo specchio in que-

sta posizione chiude, mediante un contatto metallico, una corrente galvanica, la quale produce una calamita, che movendo una molla, scrive sopra un apparecchio registratore, il vero momento della chiusura, cioè del passaggio della stella. Si riconduce poi lo specchio nella sua posizione primitiva, si gira di nuovo rapidamente e uniformemente e lo sperimentatore fa colla mano un altro segno sopra l'apparecchio registratore, quando percepisce il passaggio della stella. In questo modo si trova facilmente il tempo fra il vero passaggio e la sua indicazione per la mano, e questi esperimenti divengono tanto più esatti, quanto con più cura si renda sempre eguale la forza della pila, cosicchè l'elettro-calamita prodotta per la corrente dia sempre la medesima velocità al movimento della molla, e quanto più si cerca di rendere eguale e piccolissimo il movimento della mano, la quale deve indicare la percezione.

Si capisce che è sempre un processo abbastanza complicato il quale viene misurato per questo metodo. Entra per molto in questo processo la produzione e l'esecuzione di un movimento volontario, e noi tutti sappiamo in quale grado questi ultimi fattori siano educabili per la pratica e l'abitudine. Si potrebbe anche ammettere che l'abitudine abbia qualche influenza sopra gli altri fattori che entrano in questo processo. Il fatto sta che secondo Wolf l'abitudine ha una grande influenza sopra il ritardo personale, e che il metodo da lui adoprato poteva mostrare un ritardo considerevole il quale poi per l'abitudine poteva esser ridotto ad 1/8. Wolf ha potuto ri-

durre il suo errore personale de 3/10 ad 1/10 di secondo.

Molto simili a questi sperimenti di Wolf sono quelli, che negli ultimi tempi sono stati eseguiti da Donders e dai suoi allievi nel laboratorio fisiologico dell' università di Utrecht in Olanda. Douders ha come Hirsch esaminato i differenti organi dei sensi. Ciò che distingue le sue ricerche è che egli non ha fatto dare la risposta soltanto colla mano, ma dopo una eccitazione dell' udito, egli ha spesso registrata una risposta, che consiste nel *pronunziare la medesima vocale*, la quale dava l' eccitazione. Confrontando tutti gli sperimenti anteriori e i suoi, Donders trovò, che il tempo fra una irritazione della pelle e la reazione è in medio un settimo di secondo; per una irritazione dell' udito trovò un sesto e per una percezione visuale un quinto di secondo. Il *minimo* per una irritazione cutanea è nelle sue ricerche un nono di secondo. Perchè una eccitazione di un senso produce in noi una reazione motrice volontaria, e già prima stabilità come segno di questa percezione, è necessario un processo psichico o intellettuale; anzi possiamo dire che è necessario un doppio processo psichico, intanto che prima la percezione deve entrare nella nostra coscienza, e poi deve produrre una determinazione volontaria del movimento. Ma è evidente che il tempo misurato negli sperimenti qui mentovati non ci dice niente sulla durata di questi processi psichici, perchè la conduzione dell' eccitazione fino al centro dell' intelletto, la trasmissione dell' impulso volontario da questo centro fino al mu-

secolo, e le trasformazione dell' eccitazione muscolare in effetto meccanico possono occupare *tutto* il tempo di un settimo, di un quinto di secondo, cosicchè questi sperimenti lasciano persistere la possibilità, che la durata del processo psichico propriamente detto sia assolutamente *nulla*. L' irritazione deve agire primitivamente sopra le ultime terminazioni nervose nell' organo sensorio, e deve in quest' ultime terminazioni crescere fino all' intensità, che produce la trasmissione di une eccitazione lungo il nervo sensibile. Poi il midollo deve ricevere l' eccitazione per trasmetterla fino al cervello.

Nel cervello deve trasformarsi per una via forse lunghissima di reflessione in una percezione. Questa percezione deve farci rammentare la reazione convenuta. L' idea di questa reazione riunita colla percezione primitiva deve produrre l' impulso volontario, che va dal cervello verso il midollo spinale, per essere da questo condotto lungo i nervi motori fino ai muscoli. Nei muscoli modifica prima la corrente elettrica e l' elasticità, poi produce la tendenza alla contrazione, la quale dopo avere vinta la resistenza interna, cambia la lunghezza del muscolo, e questo cambiamento deve crescere fino al grado di produrre l' effetto meccanico che possiamo registrare. E tutto questo può aver luogo nella nona parte di un secondo.

Nondimeno questi sperimenti possono essere la base di una determinazione cronometrica di un processo psichico, se, come l' ha fatto Donders, dopo avere molta volte ripetuto questo sperimento con risultati abbastanza simili fra loro, perchè si possa

dedurne una cifra media, facciamo variare le condizioni dello sperimento *soltanto in riguardo al processo intellettuale* che vi entra. Se, senza aumentare o complicare le trasmissioni nervose, aggiungiamo un membro al processo intellettuale, e se allora troviamo costantemente che il tempo necessario perchè si produca il segno della reazione è aumentato di un certo valore, questo valore deve corrispondere all'aumento del processo intellettuale, alla durata dell'atto psichico, aggiunto nella seconda serie di sperimenti.

In questo modo furono fatti da Donders gli sperimenti con irritazione della pelle. Ai due piedi furono applicati fili di rame i quali potevano derivere sopra la pelle una parte di una scarica di induzione, la quale passando anche per il cilindro del cronografo vi segnava il momento della scarica. Il piccolo strumento che vedete qui poteva dirigere una parte della scarica sia sul piede sinistro, sia sul piede destro. Questo strumento, conosciuto sotto il nome di girotropio di Pohl, riceve i due fili conduttori in due piccoli vasetti pieni di mercurio, dai quali partono quattro rami, di cui due possono sempre essere depressi simultaneamente, mentre che i due che vanno verso il lato opposto si elevano nell'aria. I due rami depressi conducono verso due fili, che possono comunicare con *un* piede. Se poi per un piccolo movimento, che si può nascondere all'individuo che serve per lo sperimento, si deprimono gli altri due rami, questi conducono all'altro piede, mentre che i due primi sono isolati nell'aria. In questo

modo, all' insaputa dell' aiuto, lo sperimentatore può mandare la corrente nell' una o nell' altra direzione. L' irritazione del piede destro era segnalata con un movimento della mano destra, che si registrava immediatamente sull' apparecchio cronoscopico; quella del piede sinistro per un movimento della mano sinistra.

Così fu fatta una prima serie di sperimenti nella quale l' aiuto *sapeva* che l' irritazione doveva agire sopra il piede destro o sinistro e, dunque, con quale mano egli doveva dare il segno. Questi sperimenti corrispondono a quelli già prima descritti e servono a determinare l' equazione personale, o, secondo la terminologia di Hirsch, il *tempo fisiologico*. Di più, essi davano il risultato, che un segno colla mano sinistra domandava nell' individuo sottomesso all' esperienza un tempo medio di 9/1000 di secondo più lungo, che un segno colla mano destra. Questo aumento si doveva dedurre negli sperimenti seguenti dalla cifra trovata quando l' irritazione agiva a sinistra. Dopo questa determinazione fu fatta la seconda serie di sperimenti. L' aiuto non sapeva sopra qual piede agirebbe l' irritazione e quale mano dovesse dare il segno.

Tutte le altre condizioni erano come nella prima serie. Il risultato era che, in media, il tempo fisiologico nella seconda serie durava 1/10 di secondo di più che nella prima.

E come si distingue la seconda serie dalla prima? Soltanto perchè nella prima bastava la coscienza

dell'*esistenza* della sensazione per mettere in atto un meccanismo motore, il quale era già prima determinato. Nella seconda serie si doveva pure avere la sensazione, ma si doveva di più *determinare* per il suo carattere se sia il piede destro o il piede sinistro dal quale viene mandata al cervello, e *scegliere* il movimento da fare, *determinarlo* sia verso la mano destra sia verso la sinistra.

Si capisce che le differenze si trova interamente nelle sfere detta *intellettuale*. Ammesso che l'intelletto potesse essere riguardato come un punto definito e circoscritto non si può dire, che nella seconda serie sia stata *introdotta* nella sfera intellettuale qualche cosa di più che nella prima serie.

L'irritazione doveva arrivare, e con essa lo devono pure tutti gli elementi, che possono servire alla coscienza per determinare se essa sia proveniente dal piede destro o sinistro. Dunque non era modificata nè aumentata la trasmissione *verso* l'intelletto. L'irritazione era momentanea nelle due serie di sperimenti: aveva la durata di una scossa d'induzione, la quale scompare in confronto colla durata dei processi fisiologici.

Le differenza dunque, intanto che si riferisce alla distinzione della località irritata, era interamente *nell'interno* della sfera, che generalmente si chiama psichica, perchè niente si introduce *di più*, niente si introduce *altrimenti* che nella prima serie. E se anche nella seconda serie l'intelletto, per distinguere bene, avesse dovuto aspettare finchè tutto l'effetto sensibile della scossa d'induzione fosse entrato nella

sua sfera, mentrechè nella prima serie avrebbe già potuto determinare la reazione al *principio* dell' entrata della sensazione, questa differenza, la quale dal resto probabilissimamente non esiste, non avrebbe potuto cagionare un ritardo maggiore delle differenza fra il principio di una ondulazione nervosa in una data sezione trasversale del nervo e le fine di questa medesima ondulazione. Dunque questo ritardo, se esiste, sarebbe tale che secondo ciò che sappiamo della trasmissione nei nervi, si ridurrebbe a zero in confronto colle differenze realmente trovata.

Nella determinazione del segnale tutta la trasmissione extra-psichica, (mi sia permessa questo espressione) è assolutamente la medesima nella prima a nella seconda serie. L' entrata dell' eccitazione motrice della così detta volontà nelle fibre del sistema nervoso motore non può rincontrare una più grande resistenza secondo che si sa *prima* quel movimento si deve eseguire o che questo movimento si determina *dopo* l' irritazione. Nel primo caso, una mano è pronta e tesa, nel secondo caso lo sono ambedue le mani. Tutte le differenze para dunque *interamente psichica*, essa è la *sola* che può produrre l' aumento di tempo, e la *sola* di cui si misura la durata.

Esperienze analoghe furono fatte con irritazione ottica. Fu determinato il tempo fisiologico per l' apparizione e la percezione delle scintille d' induzione, la quale si registrava sopra il cronografo, mentre che il segno doveva esser dato, secondo le convenzione, colla mano destra o sinistra: poi nella seconda

serie di confronto si doveva distinguere se la luce sia rossa o bianca, e secondo il colore si doveva muovere l'uno o l'altra mano. La differenza fra la prima e la seconda serie fu in media per cinque persone 0,15 di secondo il minimo era 0,12 il massimo era 0,18.

Non crediate che questa differenza dei due colori della luce si riconosca difficilmente; qui non si tratta del colore rosso o bianco di una fiamma, il quale è spesso poco pronunziato, ma del colore della scintilla d'induzione veduta per un vetro colorato il quale se vogliamo dà alla luce una colorazione molto intensa. Ecco un apparecchio d'induzione in comunicazione con una pila non molto forte nel di cui filo si trova un interruttore; le estremità del rocchetto di induzione conducono in questo tubo di Geissler che darà alla luce due colori ben distinti e molto vivi. Deprimo l'interruttore e nel medesimo momento vedete nel tubo un magnifico tratto di luce diversamente colorato. Voi capite che si possono scieghere due tubi di cui ciascuno non produce che *un* colore, e intercalare fra le macchine d'induzione e i tubi questo piccolo girotropio di Pohl, il quale all'insaputa dell'ajuto potrà produrre un tratto tinto dell'uno o dell'altro colore.

Abbiamo un altro tubo di Geissler che forza la scintilla a percorrere stretti canali di vetro piegato in forma di lettere. Se il tubo è stretto la luce è più viva. Così possiamo produrre l'apparizione momentanea di due vocali; l'una dopo l'altra, o possiamo illuminare per la scintilla la forma di una

vocale, che l'ajuto deve riconoscere e pronunziare.

Anche questa via fu tentata dagli sperimentatori Olandesi. L'ajuto si trovava di rimpetto ad un apparecchio così detto fonografico, cioè una cavità paraboloide, la quale, secondo un concetto che dobbiamo a Scott, porta nel fondo una membrana, che vibra diversamente secondo il suono il quale fa tremolare l'aria nel paraboloide. Le vibrazioni si trasmettono ad una molla, che scrive sopra il cilindro del cronografo delle vibrazioni un poco differenti secondo il suono pronunziato. Queste vibrazioni cominciano con una prontezza tale, che per gli intervalli relativamente lunghi che ci interessano, questo strumento può esser riguardato come un registratore esatto. Anche qui furono fatte due serie di sperimenti.

Nella prima si sapeva quale delle due vocali doveva comparire ad essere pronunziata, nella seconda serie non si sapeva quale dovesse essere illuminata. La differenza di durata in queste due serie era in media 0,16 di secondo, le medie dei minimi per ciascun individuo era 0,12 o quasi 1/8 di secondo, se invece di *due* si fece fare la scelta fra *cinque* vocali, il tempo per la scelta era un poco più lungo, cioè 0,17 in media, 0,16 per i minimi.

In un'altra serie di sperimenti si cercava il tempo necessario perchè dopo la pronunzia di una vocale questa medesima vocale possa esser ripetuta da un altro individuo. Abbiamo già parlato del fonautografo di Scott: questo strumento essenzialmente modificato e migliorato da Rodolfo Koenig di

Koenigsberga, ora a Parigi, fu adoprato per la nuova serie.

Una delle due persone poste davanti l'aperture del fonantografo pronunzia una vocale in modo breve e distinto. La molla dello strumento, la quale finora fece sopra il cilindro una stria circolare, immediatamente entra in vibrazioni, che cessano col suono. Le vibrazioni producono una linea ondulata; colla loro cessazione la linea ridiviene semplice, per riprodurre le medesime ondulazioni, quando l'altro individuo pronunzia la medesima vocale. Nel medesimo tempo si fa tracciare sopra il cilindro sotto la prima linea una seconda linea ondulata, la quale riproduce le vibrazioni di una corista, di cui si conosce il numero per un secondo. E evidente, che il numero delle vibrazioni della seconda linea, che corrisponde all'intervallo fra il principio delle due serie di vibrazioni della prima linea deve indicarci esattamente in frazioni di un secondo il tempo percorso dalla prima pronuncia della vocale fino alla sua riproduzione per l'altro individuo. Anche qui si fecero due serie di esperimenti. Nella prima si sapeva quale vocale sarebbe pronunziata, nella seconda lo sperimentatore poteva scegliere arbitrariamente fra parecchie vocali, e l'ajuto doveva rispondere colla vocale che aveva sentita. Cosicchè nella seconda serie entrava di più la distinzione della vocale sentita e la determinazione volontaria per la sua pronunzia; dunque due atti, che generalmente sono riguardati come intellettuali. Perchè la vocale sia rapidamente pronunziata, ella fu sempre proferita con una forte aspirazione, quasi

come una specie di esplosione, la quale era già prima preparata per la tensione dell' aria e dei ligamenti della laringe.

I primi sperimenti davano colla vocale conosciuta un intervallo di 0,18 secondi; colla vocale non conosciuta 0,268 secondi, dunque une differenza di 0,088.

Altri sperimenti molto numerosi davano una differenza fra la vocale conosciuta e non conosciuta, di 0,083 secondi e i minimi di questi sperimenti davano una differenza di 0,067 secondi. Gli ultimi sperimenti infine che fece Donders, mostravano una riduzione della media fino a 0,056 secondi, mentreche i medesimi sperimenti fatti simultaneamente in tre altre persone, ancora meno abituate, davano di nuovo un aumento per la vocale non conosciuta di 0,088 0,087 e 0,069. Si vede dunque che anche qui, l'esercizio può ridurre il tempo necessario.

In tutti questi sperimeti l'atto intellettuale era composto della distinzione dell' impressione e della determinazione del movimento. Si poteva forse supporre, che nella determinazione del movimento, almeno se consiste nella pronunzia di una vocale, non entri soltanto l' eccitazione della così detta volontà, ma pure la preparazione meccanica dell' apparecchio muscolare, la quale per *una* vocale potrà essere differente e più laboriosa che per una *altra*. Nella prima serie degli sperimenti, nei quali l' aiuto conosce già l'irritazione, egli poteva prima preparare l'apparecchio muscolare, mentre che nella seconda serie la preparazione per la pronunzia, se una tale sia necessaria, entra pure nella differenza di tempo misurata. Questa

obiezione non vale tanto per gli sperimenti, nei quali si deve il segno collo meno, perchè riesce con un poco d'esercizio di dare alle due mani la medesima tensione per eseguire il medesimo movimento. Ma pure qui si potrà forse supporre che la tensione è più perfetta, più pronte per la esecuzione, se si concentra sopra una sola mano.

Queste obiezioni scompariscono in faccia ad una altra serie di sperimenti, eseguita da Donders e dai suoi allievi coll' intenzione di separare l' atto della preparazione del movimento, o come loro dicono l' atto della determinazione volontaria, dall' atto della distinzione dell' impressione.

Anche questi sperimenti furono fatti col fonautografo. Il primo degli sperimentatori pronunziava parecchie vocali, delle quali il secondo non doveva ripetere che *una*, prima determinata. Tutte le altre dovevano rimanere senza risposta. Così il secondo degli sperimentatori, senza sapere quale vocale sarà pronunziata, aveva sempre tesi i suoi organi per proferire una determinata vocale, la quale però non doveva esplodere che dopo una distinzione, una conscia determinazione di una impressione uditiva. Si fecero così alternativamente tre serie di sperimenti. Nella prima non si pronunziava che una determinata vocale, per esempio l' *i*, che l' aiuto doveva ripetere. Nella seconda lo sperimentatore poteva scegliere fra differenti vocali, che l' aiuto doveva ripetere. Nella terza il primo sperimentatore pronunziava diverse vocali, ma l' aiuto non doveva ripetere che l' *i*, quando fosse pronunziato.

Nella prima serie la durata media era di 0,201 il minimo di 0,170 secondi.

Nella seconda serie la durata media 0,284 media dei minimi 0,237.

Nella terza serie la durata la media era 0,237; media dei minimi 0,212 secondi.

Deducendo la durata della prima serie dalla durata della terza, si ha in media 0,036 e il calcolo dei minimi dà 0,042 di secondo. Questo sarebbe il tempo necessario per la distinzione di una vocale; mentre chè la durata della seconda serie meno quella della prima dà la distinzione, più la determinazione del movimento.

Fu ottenuto un risultato simile, quando Donders invece di fare *sentire* il suono di una vocale, ne fece *vedere* il segno illuminato per la scintilla d'induzione.

Per la liberalità del Ministero dell' Istruzione ci furono dati i mezzi per ripetere alcuni di questi ultimi sperimenti molto importanti. Non descriverò qui tutta la disposizione dell'apparecchio da noi adoperato. Per non registrare il segno convenuto direttamente colla mano, ci siamo serviti per annunziare la percezione o la sua distinzione, di un manipolatore telegrafico, il quale poteva chiudere una corrente, che irritava il muscolo preparato di una rana per mezzo di spilli introdotti nella sua sostanza. La contrazione del muscolo fu registrata sul cronografo. Si sa che in questo modo si perde sempre un poco di tempo perchè il muscolo, irritato direttamente, non mostra il principio della sua contrazione che 10 o 13 millesimi di secondo dopo la chiusura della corrente. Ma

avendo da fare con delle differenze di tempo relativamente molto più lunghe, potevamo bene risolverci a perdere questo tempo, tanto più, che la perdita si trova nella più grande parte compensata, perchè anche il momento dell'impressione sensitiva fu indicato nel medesimo modo per la contrazione di un muscolo di rana.

Nelle prime serie di sperimenti abbiamo fatto chiudere una pila sempre nel medesimo senso: la corrente percorre il muscolo della rana, il quale contraendosi, traccia sul cronografo approssimativamente il tempo della chiusura. Una ramificazione di questa corrente fu condotta in un'altra stanza, in un galvanometro a specchio, il quale io osservava col canocchiale, tenendo la mano sopra il bottone di un manipolatore, per deprimerlo nel momento nel quale si mostrava la deviazione dello specchio. Il manipolatore chiude una seconda pila simile alla prima, e con un circuito, di cui la resistenza fu fatta approssimativamente eguale alla resistenza del primo circuito. I fili di questa pila, condotti nella prima stanza, irritavano l'*altro* muscolo della medesima rana, che segnava la sua contrazione accanto alla prima sul cronografo. Così fu approssimativamente misurato il tempo necessario, perchè una deviazione in un senso già prima conosciuto, fosse indicato per una pressione della mano. È vero che le ranocchie generalmente risponde più presto del galvanometro, ma a questo si cercava di rimediare, per quanto possibile, facendo il galvanometro tanto sensibile, che doveva già cominciare a rispon-

dare ad una intensità della corrente, la quale non era ancora un irritante per la rana. Così nel momento dell' accrescimento della corrente lo strumento più pigro fu eccitato un poco prima del secondo, il quale risponde più prontamente. Questi sperimenti mostravano che in media io aveva bisogno di 0,270 di un secondo per produrre un movimento dopo l' impressione visuale. Vedete qui una copia delle curve ottenute, a questa tavola può convincervi, che le differenze nei singoli sperimenti non erano molto grandi.

Ecco una seconda tavola che contiene le traccie di sperimenti simili, ma vedete che le due elevazioni che corrispondono ai movimenti sono sempre più distanti fra di loro che nella prima, e qualche volta molto più distanti. Sono i medesimi sperimenti, colla sola differenza, che l' aiuto nella stanza vicina poteva invertire a volontà il senso della corrente, cosicchè io poteva vedere una deviazione dello specchio a destra o a sinistra, ma io doveva soltanto rispondere alla deviazione a destra. In media gli sperimenti di questa seconda tavola mostrano un intervallo che differisce di un nono a un decimo di secondo dall'intervallo nella prima. Tanto tempo dunque ci voleva in me per rendermi conto della direzione di un movimento, il quale nei primi come nei secondi sperimenti si vedeva chiaramente e distintamente. Si vede che questi intervalli sono molto più grandi di quelli richiesti da Donders per la distinzione delle impressioni, ma io spero di ridurre questo tempo quando come Donders avrò avuto l' occasione di ripetere

spesso le medesime prove e di avvezzarmi sempre più alla prontezza necessaria.

Ora signori, quali sono le conclusioni che possiamo dedurre da questa osservazioni ?

Senza dare troppa importanza alle cifre finora trovate, perchè possono essere modificate da altri sperimenti e ridotte dall' esercizio nelle loro esecuzione, possiamo in primo luogo concludere come una semplice espressione dei fatti che, astrazione fatta dalla trasmissione delle impressioni esterne che le eccitano e dell' atto meccanico che serve per la sua espressione, un processo intellettuale domanda un certo tempo. Questo tempo anche per i processi intellettuali i più semplici, i più elementari, è molto lungo, se lo confrontiamo col tempo necessario per la maggior parte dei processi fisici.

Questa conclusione acquista una importante significazione, se la consideriamo da un certo punto di vista. Ogni processo psichico o intellettuale è il prodotto di certa condizioni. Negli sperimenti sopra enumerati la condizione principale è l' arrivo di una sensazione nel sostrato dell' intelletto. Ma questa non è l' unica condizione; alla sensazione devono riunirsi delle cognizioni già anteriormente acquistate, che determinano la nostra *distinzione* della percezione Deve già troversi nel nostro intelletto ciò, che comunemente si chiama una idea del rosso e del bianco, perchè possiamo convenzionalmente specificare queste due percezioni. Dobbiamo conoscere il lato destro e sinistro, per subordinare e questa conoscenza la direzione delle deviazione dello specchio. Dobbiamo di

più rammentarci la nostra convenzione fissata già prima dello sperimento, di prestare attenzione all'impressione prodotta e di classificarle secondo le nostre conoscenze. Se tutto questo in noi si riunisce, se l'impressione sensuale che ci arriva, trova già in noi una conoscenza delle sue categorie, preparata per altre sensazioni anteriori, e la risoluzione che concentra la nostra attenzione sopra queste impressione ed i suoi attributi, l'atto intellettuale che abbiamo finora riguardato, e di cui abbiamo misurata la durata, diviene un *prodotto*, diviene un *effetto* necessario delle sue condizioni. Queste condizioni divengono per noi un complesso di cause, che non soltanto bastano per la sua produzione, ma che lo producono *necessariamente*.

Ebbene Signori, nei casi da noi esaminati, questa condizioni tutte si trovano o sono già arrivate nella mente quando comincia la frazione di tempo che abbiamo misurata.

Vi rammentate che questo tempo fu ottenuto per sottrazione; abbiamo sottratto dal tempo necessario per la produzione e la manifestazione di un giudizio, di un processo intellettuale, tutto il tempo che era necessario perchè gli elementi causali possano arrivare nella mente; e perchè la determinazione volontaria possa essere condotta dalla mente verso il mondo esterno, e possa essere trasformata in effetto meccanico propriamente detto. Il tempo misurato è dunque quello, che nell'interno della vita intellettuale, della vita psichica, si frappone tra la riunione delle cause efficenti ed il loro effetto.

Possiamo dunque esprimere la nostra conclusione anche nel modo seguente:

Nell'interno della vita psichica è necessario un certo lasso di tempo, perchè dal complesso delle sue condizioni, si sviluppi un effetto che viene alla nostra conoscenza.

Questo concetto è nuovo, e si potrebbe domandare se mai nella natura l'effetto immediato potrà essere separato dalla causa per un intervallo di tempo. Mi pare che alla questione posta in questi termini assoluti e generali si debba rispondere di *no*.

Dappertutto dove nella natura possiamo riconoscere o immaginarci un complesso sufficiente di cause, queste hanno in se tutto il movimento di evoluzione che produce l'effetto; cicchè riunite le cause non è altro che il principio del movimento di trasformazione, che continuandosi crea l'effetto. Un movimento una volta incominciato non potrà essere interrotto per un intervallo anche infinitamente breve di riposo, senza che questo movimento sia distrutto, senza che, perchè si continui, le medesime cause che l'hanno prodotto, debbano essere nuovamente attive. Ma allora non è il movimento *primitivo* che si *continua*, ma è un *nuovo* muovimento nuovamente prodotto.

Se fra le cause ed il loro prossimo effetto si frappone un intervallo inattivo di soltanto un milionesimo di secondo, le cause *non bastavano* per produrre l'effetto. La continuità è interrotta, le cause, o ciò che come tali fu riguardato, sono separate dall'effetto, e per raggiungerle al movimento ci vuole

un nuovo impulso, cioè una causa di più, un'altra causa. Dunque il complesso delle cause non era ancora completo. In questo caso ciò che era riguardato come il complesso causale, non lo era ancora; non ne era che una parte.

Una lacuna nella produzione dell'effetto, un tempo inerte, rompe l'influenza della causa sopra il suo prodotto, e una sospensione del movimento per un milionesimo di secondo è una sospensione di *questo* movimento per l'eternità.

Questo modo di vedere è logico e d'accordo coi principii generali della scienza; ma a molti di voi potrà parere contrario all'esperienza. Io dico, che un movimento una volta incominciato non potrà trovare una frazione di un momento di vero riposo, senza essere distrutto per sempre, e che la causa e l'effetto immediato non sono separabili per un diecimillesimo di un minuto secondo.

Volete forse oppormi che già l'esperienza giornaliera ci mostra che un movimento può riprendere dopo esser stato per qualche tempo fermato. Volete rammentarmi che anche la macchina umana mostra qualche volta delle sincopi, degli arresti del cuore, il quale poi riprende i suoi battiti. Se il movimento del cuore fosse prodotto una volta per tutte, il fatto accennato non sarebbe possibile, ma il polso del cuore appunto è di tal natura che con ogni battito si esaurisce, l'effetto delle sue cause, che ogni battito è una nuova produzione di un nuovo concorso delle sue condizioni. Fra un polso e l'altro il cuore sospende sempre il suo movimento per aspettare un

nuovo impulso. E perchè questo impulso non potrebbe farsi aspettare più lungo tempo, se una delle sue cause produttrici vien talmente modificata, che non potrà agire che dopo aver subìto altre influenze di produzione lenta. Ma se il movimento del cuore fosse il resultato di una causa *unica, primitiva*, fosse l'effetto durevole di una causa già passata, ogni sincope non soltanto *minaccerebbe*, ma *sarebbe* la morte.

Se il movimento della terra o dei pianeti potesse fermarsi per un momento, non mai potrebbe ristabilirsi; ci vorrebbe una nuova creazione per rimetterlo in attività. Se fosse vera la favola che ci racconta il vecchio testamento, che per far piacere ad un santo, la terra, o come allora si disse, il sole si fosse fermato un momento per favorire l'esecuzione di un attacco di certe bande brigantesche, ne sarebbe risultato tutt'altro che una sincope. Ne sarebbe risultato una catastrofe tale, che tutti i terrori del diluvio, pel quale, secondo il mito, Dio voleva punire la perversa natura degli uomini da lui creati, in confronto con questa catastrofe, non sarebbero stati che un giuoco da bambini. Tutto il sistema planetario e l'equilibrio di tutto il mondo sarebbe stato distrutto.

Ma siamo serii. — Noi diciamo che l'effetto deve seguire immediatamente la causa, e che la sua produzione non deve domandare nessun tempo. Si potrebbe fare l'obiezione che noi conosciamo nella natura un *solo* effetto di cui la produzione non domandi un certo tempo, che sia anche brevissimo. Anche

l' effetto del fulmine, benchè momentaneo, non è assolutamente immediato. Anche l' elettricità di tensione, che produca i suoi effetti in apparenza immediatamente, ha bisogno di un certo tempo, sa anche si propaghi in un filo conduttore colla rapidità maravigliosa di 460 milioni di metri nel secondo. E se un filo che abbraccia 10 volte la circonferenza della terra è percorso in un secondo per una scarica elettrica, almeno questo secondo ci vuole per produrre l' effetto.

Non posso riconoscere quest' argomentazione; se le condizioni per la produzione dell' elettricità sono date, questa si produce immediatamente, ma soltanto là dove si trovano le condizioni, cioè nello strato del filo che tocca il generatore. La presenza delle corrente o del movimento in questo strato produce come effetto immediato l' elettricità in uno strato sottilissimo susseguente, e così di seguito. L' elettricità in uno strato del filo diviene la causa della sua presenza nell' altro strato, è l' arrivo dell' elettricità alla fine del circuito, non è l' effetto immediato delle cause che produce l' elettricità, ma un effetto dell' effetto degli effetti, che si riproducono strato per strato in un modo *continuo*. Non è l' elettricità che si produce dopo qualche tempo ma è l' estensione e la resistenza del suo conduttore, che ne ritarda ciò che noi *consideriamo* come il suo effetto primitivo, benchè non sia che un effetto secondario delle alterazioni che si producono strato per strato nel conduttore stesso. La dimostrazione ce ne dà la fisica, che ci prova che la medesima scarica elettrica si produca più lentamente, quando

la resistenza del conduttore è un altro, che la velocità è molto rallentata, se invece del filo rame prendiamo del ferro.

In generale tutti i fenomeni sono d'accordo per mostrare che se fra il supposto effetto e la causa si frappone del tempo, questo tempo non rompe la catena continua, ma dimostra che qui esiste, o una comunicazione del primo e vero effetto per diversi strati omogenei, finchè arrivi al punto nel quale egli si palese alle nostre ricerca. O l'effetto è condotto per degli strati o stazioni, che gli offrono una certa resistenza la quale deve esser vinta per un aumento di tensione. Una resistenza non è possibile che in una trasmissione fra differenti punti, sia che riguardiamo questi punti come appartenenti al medesimo corpo, o a corpi diversi.

Se dunque la ragione domanda che dappertutto fra il complesso bastante delle cause e l'effetto non si frapponga un atomo di tempo, mentre che tutti i processi studiati domandano del tempo, questo è, perchè il sostrato di tutti questi fenomeni è esteso e composto di differenti strati, di cui ciascuno per se ripete, e spesso modifica il movimento, che risulta immediatamente dalle cause. Da per tutto dove cause ed effetto sono separati per un certo spazio di tempo, possiamo concludere, che il sostrato del processo, che la materia nella quale esso si compie, è estesa e composta.

Ora, signori, abbiamo veduto che anche in ciò che si chiama l'intelletto, dopo che si sono riunite tutte le cause che conosciamo e che possono entrare

dal di fuori, ci vuole un certo tempo, perchè si produca l'effetto, l'atto intellettuale, e così mi pare dobbiamo conchiudere con tutte le ragioni che ci dà l'analisi scientifica, CHE IL SOSTRATO DELL'INTELLETTO È UN ESSERE ESTESO E QUINDI COMPOSTO. Questa è la conclusione inevitabile, che risulta dai fatti; conclusione che rompe per sempre collo spiritualismo, il quale riguarda l'anima come un essere semplice e senza estensione.

Io non so se si possa immaginare un essere assolutamente immateriale, che sia esteso e composto; anzi per molti, anche fra i filosofi i più distinti, l'estensione e la composizione, sia di parti omogenee o non omogenee è l'attributo essenziale della materia.

Non di meno non vorrei dire che l'intelletto è materia, perchè con questa parola non si esprime niente di distinto e di determinato. La materia è una astrazione, che non conosciamo, è il sostrato necessario delle sue proprietà, e delle sue manifestazioni, che soli ci pervengono, manifestazioni che sono tutte legate a un sostrato materiale, ma che la scienza non ci permette ancora di identificare coll'essere astratto, che si chiama materia. L'intelletto è materiale nel senso, che è la *manifestazione* di un sostrato materiale, dal quale è inseparabile, come i nostri movimenti, come tali, sono inseparabili dal nostro corpo. Ma chi crederebbe di esprimere una verità, di aggiungere qualche cosa al nostro giudizio, se dicesse, che i nostri movimenti siano materia, invece di dire, che sono sottomessi alle leggi invariabili della materia.

E lo stesso si potrà dire della vita intellettuale, della vita psichica. Credo opportuno di rammentare in questa occasione una serie di ricerche, di cui vi ho esposta la più grande parte in un'altra occasione, in una delle lezioni pubbliche serali che si fecero in questo Museo sotto la direzione del nostro compianto direttore Matteucci. Si trattava di provare che un processo psichico, indipendentemente dalla circolazione del sangue, e senza il suo concorso, produce del calore, o, ciò che riviene allo stesso, che un processo psichico è un movimento. Questi sperimenti, di cui ora non voglio esporre il dettaglio, sono poi stati continuati, e sono ora in via di pubblicazione. L'argomento essenziale di questi sperimenti era di provare, che negli animali sottomessi alle nostre ricerche ogni azione nervosa riscalda il suo sostrato. Nel nervo eccitato e attivo si produce del calore, anche dopo la sua separazione dal corpo. Nel cervello si produce del calore se riceve le impressioni sensoriali che in lui compongono gli elementi dell' atto psichico, e la composizione del resultato stesso, la *produzione* di un atto psichico produce una altra più gran quantità di calore. La cooperazione della circolazione negli sperimenti sul cervello fu esclusa principalmente per il metodo comparativo, confrontando con pile termo-elettriche durante una eccitazione psichica il calore in due punti vicinissimi della testa, di cui soltanto uno più interessato nell'eccitazione psichica mostrava il calore prevalente: mentre che il calore avrebbe dovuto elevarsi quasi egualmente in ambedue i punti vicini,

se una causa generale, come la circolazione, come la distribuzione del sangue, avesse prodotto il suo aumento.

Come cause del calore non conosciamo altro, che un lavoro meccanico, che un movimento, distrutto o modificato per una resistenza. Da per tutto dove si produce del calore, dobbiamo cercare la sua causa in una azione meccanica, e se l'atto psichico nel cervello produce del calore, questo atto ubbidisce alle leggi del movimento, che dominano la materia.

Signori! Abbiamo conchiuso dall'intervallo che esiste nell'intelletto fra il complesso delle cause e l'effetto, che il sostrato dell'intelletto deve essere esteso e composto; questa conclusione risulta come abbiamo veduto, chiaramente e naturalmente dai fatti accennati. I fatti stessi non sono stati messi in dubbio da nessuno, che se ne è finora occupato praticamente o teoricamente. Un solo dubbio è stato pronunziato ultimamente, non da un fisiologo, ma da un meccanico francese, il quale, appoggiandosi sopra alcuni fatti osservati nella pratica della musica strumentale, crede, non di dover negare che i processi intellettuali richiedono del tempo, ma che questo tempo sia tanto lungo, quanto è stato determinato dagli sperimentatori, e che corra una così grande differenza, come si ammette, fra la conduzione degli agenti detti imponderabili, e la trasmissione nel sistema nervoso. Ma i suoi dubbi si appoggiano sui fatti, i quali possono essere spiegati altrimenti, ed in un modo più semplice che lui to ha fatto, e così questi dubbi perdono quasi tutto il loro valore

scientifico. Ma forse vi meraviglierete se vi dico, che nessuno dei fisiologi, i quali hanno trattato l'argomento qui esposto, ne ha tirata la conclusione che a noi pare risultarne inevitabilmente. Questo si spiega semplicemente, perchè a nessuno di questi fisiologi, non ad *uno* di loro, pareva essere necessario di provare per nuove ragioni, che il sostrato della vita psichica sia un essere esteso e composto. Per tutti al contrario era questa una verità, già talmente provata per altri fatti, che loro doveva parere superfluo di darne una nuova prova, in un trattato scientifico. Questo risulta chiaramente dalle loro parole.

Loro vogliono schiarire un punto della fisiologia della sostanza grigia del cervello: a nessuno di loro viene in mente, (e sono pronto a provarlo con citazioni verbali) che la Psicologia fisiologica possa esser altro, che una parte della fisiologia del centro cerebrale. Per questo non voglio negare che in qualche piccola università di certi paesi non possa esistere ancora un professore di fisiologia, che professi le dottrine spiritualistiche: Ma questi professori, di cui ipoteticamente ammetto l'esistenza, non hanno mai pubblicato delle ricerche sopra tali argomenti.

Ad onta di questo accordo fra i fisiologi, mi pareva utile di far risalire in una lezione pubblica il risultato delle ricerche moderne, che trovano una nuova conferma nelle esperienze che oggi ho avuto l'onore di esporvi.

Ma si potrebbe domandare — (permettete Signori che io *legga* questa ultima parte, che ho scritta già

prima della lezione, per non lasciarmi trascinare ed espressioni un poco troppo vivaci dal mio zelo per la buona causa).

Ma si potrebbe forse domandare, come negli ultimi giorni è già stato fatto in un altra occasione, di quale utilità potesse riuscire per il popolo, fargli sapere il risultato di queste ricerche, e trattare così « un argomento, intorno al quale s'aggruppano que-« stioni che tengono agitati gli spiriti e che potreb-« bero scemare nell'animo dei popolani la riveren-« za pei libri sacri. »

Temerei di offendervi, o Signori, se volessi mostrarvi di quale utilità possa riuscirvi la conoscenza della verità, che è la base della civilizzazione, sarebbe un insulto, se volessi provare che nella vostra anima i dettami della morale non si appoggiano, come è stato preteso, sopra un errore secolare, il quale come tale è stato condannato dalla scienza. Non sapete voi che contro ogni nuova verità si ha dovuto sentire il grido, che si ripeteva questa settimana in un giornale della colta Firenze, che sia scossa le base della morale pubblica e « che la società sente « crollare il terreno sotto i suoi piedi? » Non è la moralità che invidiamo al medio evo, all'età dell'oro della fede, e noi tutti sappiamo che la moralità pubblica cominciò ad alzarsi, quando scemava la fede tradizionale, quando nacque il dubbio, lo scetticismo, e che la nostra civiltà è battezzata dal sangue — *degli eretici*. Non sappiamo noi che la luce della scienza moderna nacque nelle fiamme degli *auto-da-fé*?

Non voglio dirvi tutto questo, ma voglio consi-

derare la questione sotto un altro punto di vista. Il più grande dei filosofi, l'immortale *Benedetto Spinosa*, ha detto, che la verità è nel medesimo tempo « l'indice di se stessa e del falso. » Affermando il vero si nega necessariamente ogni asserzione che gli è opposta. Se mi è riuscito provarvi che ciò che si chiama l'anima è un essere composto ed esteso, si nega necessariamente la sua semplicità. Ora la semplicità dell' anima sarebbe forse un errore benei, ma un errore innocente metafisico, se non fosse una delle grandi leve sopra le quali s'appoggiano i nemici della patria e della civilizzazione, i propugnatori dei pregiudizii e dell' odio per mantenere e per estendere la loro funesta influenza sopra il nostro popolo.

E non avrei io fatto il mio dovere come cittadino e come scienziato, non sarebbe completamente raggiunto lo scopo di una lezione pubblica e popolare, se mi fosse riuscito di preservare soltanto *alcuni* di voi contro la logica illusoria di queste bande nere, che negli ultimi tempi hanno cercato di estendere la loro influenza fin al nostro Istituto, il quale intieramente dovrebbe essere sacro al culto del vero e del progresso? Siamo in tempi di guerra, la verità è la nostra armatura, perchè non adoperarla?

Ma questo non è tutto, Signori, possiamo andare più in oltre nell' applicazione dei fatti, di cui oggi vi ho potuto fare un rapido cenno. Un illustre scrittore da noi tutti riverito, ed il quale porta il titolo di Soprintendente dell' Istituto degli Studii superiori di Firenze, intimorato dall' audacia delle scienze naturali, che vogliono mentemeno che fare crol-

lare il terreno sotto i suoi piedi, pubblica in questi giorni una ammonizione nella quale parla della libertà della scienza. Essendo questo venerabile signore il nostro superiore, tacere alle sue parole sarebbe presso da molti come accousentire alle sue idee. Con tutto il rispetto dovuto ai suoi meriti ed alle sue alta posizione, mi permetterò dunque le seguenti osservazioni. La scienza, dice il Sopraintendente, è libera, ma non è libera di dare delle affermazioni che distruggono *verità di un altro ordine, da non potere essere in alcun modo oppugnate.* Queste verita, secondo lui, ci sono dettate da « una voce interiore la quale come ci proclama il dovere così ci « avvisa della verità » E queste verita supposte interiori non si possono negare « senza cadere nel falso, « nello sconcio, nell'assurdo » *Abbiamo*, esclama l'Abate Soprantendente, *nel santuario della coscienza un gabinetto di più alta fisica, di più alta chimica, e di più alta fisiologia che non è il gabinetto ove parlano i sensi.*

Ma, Signori, in casi di discrepanza si giudicano i risultati secondo l'esattezza dei metodi, secondo la precisione dei mezzi adoperati. Ora sappiamo quale è la precisione colla quale si lavora in quel *laboratorio di alta fisica, di alta fisiologia*. Per decidere in uno alternativa non molto complicata e difficile, ma tanto semplice come e il discernimento fra il rosso ed il bianco, questo *laboratorio di alta fisica*, rigorosamente escluso il tempo del trasporto delle sensazioni verso il centro della coscienza, dunque soltanto per l'atto detto *intelligibile*, ha bisogno del

tempo *enorme* di un sesto di secondo, mentre che gli strumenti della bassa ed umile fisica, come sono oggi adoperati in Italia, possono misurare con certezza ancora un centomillesimo di secondo e mentre ora con altri strumenti possiamo giudicare di frazioni di tempo ancora minori.

Non esiste qui una differenza molto più grande che fra il discernimento di un bambino di un anno e quello di uno scienziato sperimentato? E come, se un bambino volesse arrogarsi il supremo giudizio sopra le distinzioni che fanno gli scienziati, per esempio nelle scienze descrittive, di cui l' oggetto cade anche sotto l' occhio del bambino, e volesse dire col Signore Abate: tutto ciò che io non approvo delle vostre distinzioni *cade nel falso, nello sconcio, nell'assurdo!!*

Del resto non voglio negare agli strumenti meno precisi il loro grande valore nella ricerca scientifica. Questi strumenti, purchè siano esatti, ci danno una nozione sintetica di un complesso la quale difficilmente e forse non mai ci arriverebbe per un mezzo che permetta una troppo dettagliata analisi. Se potessimo servirci soltanto del microscopio, il quale ha più di mille volte il potere dell' occhio umano, nell' esame di un mammifero, potremmo forse vedere una quantità di peli, di cellule, di ghiandole, ma non mai si arriverebbe alla conoscenza delle forme di un cavallo, la quale per l' occhio non armato è abbracciata con un colpo. Sarebbe difficile fare una scelta, se si dovesse scegliere, nella zoologia o nella botanica, fra l' uso dell' occhio e del microscopio. Così i mezzi, anche meno esatti, contribuiscono alla

conoscenza della verità. Ma si deve sapere che non ci danno la conoscenza che di un insieme sintetico, e nel caso di una dissidenza fra le immagini che ci sono offerte dall'occhio e dal microscopio, quale è lo scienziato che esiterebbe di dare la preferenza all'ultimo, perchè ci dà dei dettagli che fuggono al potere del primo? Così nelle scienze empiriche si stabilisce sempre un accordo fra le osservazioni, e si sa che gli oggetti che si devono sottomettere all'esame di mezzi di differenti poteri, non possono essere i medesimi. Ma cosa si direbbe di uno scienziato il quale fra le differenti apparenze, che ci sono offerte da differenti modi di esame, darebbe la preferenza alla decisione per lo strumento il più fallace, il meno sensibile? Proclamando questa decisione *una verità da non poter essere in alcun modo oppugnata?*

Ma perchè uno strumento meno esatto abbia un certo valore, dobbiamo almeno essere capaci di *riscontrarlo*, e di persuaderci che raggiunge almeno quel grado di esattezza, che ci promette. Ebbene, Signori, quale è il metodo di riscontrare gli strumenti e i metodi che servono nei laboratorii di *alta chimica*, *fisica e fisiologia?* Controllarli per i nostri mezzi ordinarii di bassa scienza sarebbe una cosa inutile; perchè in caso di discrepanza i primi devono formare una autorità inappellabile in confronto colle misere macchine che a noi, proletarii della scienza, servono per soccorrere alla nostra impotenza. Non possono dunque questi mezzi essere controllati che per se stessi — un modo di controllo che non basterebbe, secondo le nostre idee, guaste nel culto

della scienza empirica. E cosa sarebbe questo controllo, di questi mezzi *per se stessi?* Queste verità innate nella nostra coscienza, immedesimate nella essenza della nostra anima, dovrebbero annunziarsi in un modo non equivoco, e così immediato, e tutti gli uomini che possiedono la medesima specie di anima, che tutto il genere umano dovrebbe essere assolutamente d'accordo sopra le parte fondamentale di queste verità. Non vorrei essere male inteso, non vorrei fare la maggioranza o la totalità del genere umano giudice di ciò che è vero o falso nella scienza. È vero che i nostri sensi sono, fuori di qualche eccezione patologica, sempre i medesimi. Ma nelle scienze empiriche o nelle scienze naturali, i mezzi ed i metodi che sono adoprati differiscono talmente fra di loro, le condizioni sotto le quali si fanno le osservazioni sono talmente diverse, le differenti conoscenze anteriormente acquistate hanno une tale influenza sopra il giudizio, che diviene impossibile che tutti, od anche la maggioranza, giunga, in una ricerca difficile, immediatamente al medesimo risultato, anche se tutti avessero visto e osservato il medesimo, se si fossero messi nelle medesime condizioni. Non è dunque qui la maggioranza giudice delle verità, e una discrepanza di moltissimi, anzi dei migliori, non basta ad infermare un risultato, se è stato ottenuto con mezzi convenienti.

Qui appunto si mostra la debolezza delle nostra scienza inferiore; noi siamo dipendenti dai mezzi, e dalle condizioni esterne; ma nel laboratio di *alta* scienze, del quale ci si parla, non abbisognano i

mezzi strumentali ed esterni, perchè la verità si annunzia *in noi*, siamo indipendenti anche dalle condizioni, perchè queste verità formano, come si dice, una parte della nostra propria essenza; devono dunque, come ho detto, mostrarsi immediatamente e in tutti.

Ma, signori, nessuno ignora che se si interrogasse tutto il genere umano, non ci sarebbe unanimità neppure in riguardo ad *una* delle verità dette *intelligibili*. Non una, dico; ed io so che in questo mi metto in contraddizione con molti metafisici teologici, che vogliono persuadervi che almeno *una* delle verità, che riguardono come la più importante e fondamentale, sia comune a tutto il genere umano, sia riguardata come inattaccabile presso tutte le nazioni, e messa in dubbio soltanto da alcuni utopisti, i quali non meritano considerazione. Ma non sono soltanto alcuni popoli selvaggi poco numerosi che non conoscono questa verità suprema. La più grande parte della popolazione dei più grandi dei nostri continenti — quasi tutta la popolazione non islamitica dell'Asia — riguarderebbe come una enormità inammissibile ciò che a voi si annunzia come una verità cardinale

Dunque anche l'unanimità, il solo criterio della loro verità generale, manca ai vostri principii dell'*alta* scienza interiore.

Ma forse non si vorrebbe l'unanimità di *tutto* il genere umano, e si contenterebbe forse dell'unanimità di tutti quelli che sono abituati ad osservare se stessi e gli altri, che si occupano di scienza, e sopratutto di filosofia e di metafisica. Ma anche fra

questi si cercherà in vano un accordo sopra uno dei mezzi di cui dispongono quei spesso accennati *alti* laboratorii, e se le idee che almeno non tutti i metafisici riconoscono come originarie del nostro spirito, devono esser da noi riguardate come introdotte nello spirito per mezzo dei sensi, — dunque come non appartenenti all'arsenale dell'alto laboratorio, — avremo l'esempio veramente sorprendente di un laboratorio di *alta fisica*, che non conosce e non mette in conto nè il tempo, nè lo spazio, perchè, come si sa, queste due nozioni sono riguardate da molti filosofi come estratte dall' esperienza sensuale. Avremo anche un laboratorio di alta fisiologia al quale è estranea la nozione della causalità, la quale, come sapete, è riguardata da una scuola filosofica celebre e distinta come non appartenente alle nozioni primordiali, innate. Ma cosa dico? Non sono tanti filosofi che hanno negato e negano ogni idea innata? Così che il vostro alto laboratorio, al quale appartiene il giudizio supremo, sarebbe destituito di ogni mezzo per manifestare la sua esistenza. D' altronde, signori, non dico questo per negare l' esistenza di un tale alto laboratorio, perchè io so pur troppo, che appunto nell'alto insegnamento, la mancanza d' idee e di materiale non è senza esempio.

Ammesso però che in noi esista un tale laboratorio, abbiamo provato che i suoi metodi non possono essere in nessun modo controllati, e in questo siamo d' accordo con molti distinti pensatori, e se i mezzi di questo laboratorio non sono controllabili, la sua approbazione o disapprobazione, è assolutamente *in-*

differente per i risultati della scienza comune, della scienza sperimentale. Se la verità dei resultati della scienza dovesse essere giudicata da una potenza, che non può giustificare nè i suoi mezzi, nè i suoi metodi, che non può provare il loro valore generale, a noi pare, che si pone come giudice della verità l'*arbitrario* e il *fantastico*, si fa della scienza la schiava di una simpatia personale o di un beneplacito non motivato. Questo sarebbe un ricondurci nelle tenebre del medio-evo, e dirimpetto a tali tentativi, il tacere sarebbe un delitto, un delitto contro lo spirito dell'umanità, il solo spirito santo che esiste.

Mi dispiace, signori, che colla mia lettura si chiudano per quest'anno queste lezioni popolari, e che altri miei colleghi non abbiano più l'occasione di riunire la loro protesta colla mia, che non oltri, che l'avrebbero fatto meglio di me, abbiano avuto l'occasione di fare dinanzi a voi una dichiarazione, che una provocazione deplorabile mi forza di fare in onore del nostro museo e della nostra scuola.

Con tutto questo, signori, non voglio dichiararmi tanto adulatore dei nudi fatti, da non riconoscere che esistono dei fatti che esprimono delle verità di differenti ordini, di un ordine superiore ed inferiore, non voglio pretendere che basti che un fatto colpisca i sensi, per esprimere una verità. Anche noi abbiamo la nostra gerarchia di verità, ma non una gerarchia predestinata, congenita, ereditaria. Che la mia mano in questo momento si trova in flessione — è un fatto vero, ma non posso negare che la legge della gravitazione di Newton esprime una verità di

un ordine molto superiore, di un ordine più elevato. Ma, signori, ed ecco la parte caratteristica ed essenziale nella nostra distinzione — io parlo anche della distinzione fra noi ed i nostri avversarii, — nel momento stesso nel quale la flessione per così dire casuale, delle mie dita, si mette in opposizione colla legge di Newton o col modo in cui questa legge è percepita, — questo fatto, prima indifferente, esce dalla sue umile posizione, e acquista una importanza eguale, per noi anzi superiore, alle legge che regge i movimenti dei mondi. Dico *superiore per noi*, perchè le legge di Newton è già abbastanza studiata per lo stato delle nostre conoscenze attuali, mentre che qui si sarebbe offerto all'improvviso un fatto, indifferente in apparenza, ma il quale per la sua opposizione tenderebbe a riformare l'idea che tutti fin'ora si sono fatti delle leggi dell'attrazione universale — e lungi dal dire che questo fatto *non può esser vero*, perchè lui — di un ordine inferiore — si metta in opposizione con un principio generalmente riconosciuto, questa differenza stessa renderebbe quel piccolo fatto — purchè sia bene osservato — la questione del giorno nel mondo scientifico. In questo modo la sintesi del nostro intelletto, senza *produrre* nessuna verità, loro assegna il posto, che secondo le nostre conoscenze variabili essi devono prendere nella gerarchia della scienza. Ma queste decisioni possono, anzi *devono in ogni modo essere oppugnate* e confutata, se l'esperienza ci fornisce nuovi fatti importanti, direi refrattarii e rivoluzionari, che lo spirito si appropria.

Così nella vera scienza non può esistere una contraddizione, non può esistere una doppia verità, senza che il discordo si sciolga in una nuova armonia, e senza che la verità si conservi pura, verità *una e indivisibile*; e chiunque vuole più di essa, meno di essa, altro che essa — colui ha rotto il suo patto colla scienza.

Signori, come uno dei resultati principali di questa lettura ho cercato di accennarvi in grandi tratti che anche la vita psichica degli animali, che anche lo spirito non rompe questa unità della natura; anche lo spirito segue le LEGGI GENERALI del mondo fisico, — leggi che sono LIBERE perchè sono fondate nell'essenza stessa degli esseri e degli atomi; anche lo spirito NON RICONOSCE ALTRA ORIGINE che la grande armonia universale, ed entra così nel dominio della scienza naturale sul di cui tempio sta iscritto con lettere indelebili la divisa

LIBERTÀ, UGUALITÀ, FRATERNITÀ!